UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DES SCHLAMMES AUS BELEBUNGSANLAGEN AUF DIE LEBENSFÄHIGKEIT VON WURMEIERN

Knut Bechtold

1972

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546016_0019

Aus dem Zoologisch-Parasitologischen Institut
der Tierärztlichen Fakultät der Universität München

Vorstand: Prof.Dr.Dr.h.c. H. Liebmann

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS DES SCHLAMMES AUS BELEBUNGSANLAGEN AUF DIE LEBENSFÄHIGKEIT VON WURMEIERN

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
Knut Bechtold

aus

Seestadt Rostock

München 1972

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen
Fakultät der Universität München

Dekan:	Prof. Dr. J. Boessneck
Referent:	Prof. Dr. Dr. h.c. H. Liebmann
Korreferent:	Priv.-Doz. Dr. M.-A. Hasslinger
Tag der Promotion:	14.7.1972

DISSERTATIONS – und FOTODRUCK FRANK oHG
8000 München 2 · Gabelsbergerstr. 15 · Tel.: 2 80 90 90

MEINEN ELTERN

UND GITTA

GEWIDMET

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I.	EINLEITUNG	7
II.	LITERATUR	
	1. Vorkommen und Verbreitung von Wurmeiern im Abwasser	8
	2. Das Verhalten der Wurmeier im Klärprozess	
	a. im mechanischen Teil einer Kläranlage mit anschließender anaerober Schlammfaulung	12
	b. im biologischen Teil einer Kläranlage mit aerober Schlammstabilisation	15
	3. Die Widerstandsfähigkeit von Wurmeiern gegenüber verschiedenen Umwelteinflüssen	17
	a. physikalische Faktoren	18
	b. chemische Faktoren	20
	4. Die Möglichkeiten der Vernichtung von Wurmeiern im Abwasser	22
	5. Das Belebtschlammverfahren	23
III.	EIGENE UNTERSUCHUNGEN	
	A. Material und Methode	
	1. Ascarideneier	
	a. Materialbeschaffung	25
	b. Versuchsanordnung	26
	c. Tierversuche	28
	d. Kontrollversuche	28
	2. Oesophagostomumeier	
	a. Materialbeschaffung	29
	b. Versuchsanordnung	30
	c. Kontrollversuche	32

Seite

B. Ergebnisse

1. Teil: Untersuchungen mit Ascarideneiern

1. Ergebnisse der Kontrollversuche 32
2. Die Einwirkung der Schlämme auf die Entwicklungsfähigkeit von Ascarideneiern
   a. Danjes - Gegenstrombelebungsanlage 36
   b. Denifloc - Anlage 40
   c. Oxydationsgraben (Trockenbeet) 44
   d. Oxydationsgraben (Silo) 47
3. Vergleichende Darstellung der Larvenbildung 51

2. Teil: Untersuchungen mit Oesophagostomumeiern

4. Ergebnisse der Kontrollversuche 54
5. Die Einwirkung der Schlämme auf die Entwicklungsfähigkeit von Oesophagostomumeiern
   a. Danjes - Gegenstrombelebungsanlage 57
   b. Oxydationsgraben (Trockenbeet) 61
   c. Oxydationsgraben (Silo) 64
   d. Münchner Versuchsanlage 67
6. Vergleichende Darstellung der Larvenbildung 71

IV. DISKUSSION DER ERGEBNISSE 74

V. ZUSAMMENFASSUNG 83

SUMMARY 85

VI. LITERATURVERZEICHNIS 87

Lebenslauf 99

I. EINLEITUNG

Es ist seit langem bekannt, daß die Verwertung von Abwasserschlämmen zur Düngung eine stete Gefahr zur Verbreitung von Wurmseuchen darstellt. Die Landwirtschaft erleidet durch den verhältnismäßig starken Parasitenbefall unserer Haustiere jährlich Millionen Verluste. Auch beim Menschen aufgetretene Spulwurmseuchen mahnen stets dazu, die Abwasserverwertung von bestimmten hygienischen Maßnahmen abhängig zu machen.

Untersuchungen über das Verhalten von Wurmparasiten in Belebtschlammanlagen und in Faulräumen wurden schon verschiedentlich durchgeführt. Dagegen ist noch relativ wenig darüber bekannt, wie sich Wurmeier verhalten, wenn sie zusammen mit dem Überschußschlamm aus den Belebungsbecken auf Schlammlagerplätze gelangen. Dieser Schlamm wird nach einer gewissen Lagerzeit meist einer landwirtschaftlichen Verwertung zugeführt. Um aber eine Verbreitung von Wurmseuchen zu vermeiden, ist es wichtig, Kenntnis darüber zu haben, was mit den Parasiteneiern auf diesen Schlammlagerplätzen geschieht.

Herr Professor Dr. Dr. h. c. H. LIEBMANN stellte mir daher die Aufgabe, Untersuchungen über das Verhalten von Wurmeiern in solchen Schlämmen durchzuführen.

Die Versuche wurden auf dem Abwasserversuchsfeld der Bayerisch - Biologischen - Versuchsanstalt in Großlappen bei München durchgeführt.

II. LITERATUR

1. Vorkommen und Verbreitung von Wurmeiern im Abwasser

Alle Abwässer, die menschliche oder tierische Abgänge enthalten, sind als infektiös und potentiell seuchengefährlich anzusprechen (EYER, 1961). Eine Verregnung von ungeklärtem Abwasser bringt Wurmeier auf die Pflanzen, wo sie sich lange Zeit halten können. Der Genuß solchen Gemüses von Rieselfeldern ist in jedem Fall bedenklich (SCHROEDER, 1949). Pro ccm Frischschlamm von Rieselfeldern wurden in Darmstadt 530 Wurmeier gefunden (GÄRTNER und MÜTING, 1949). KREUZ (1955) warnt vor der Nutzung frischer menschlicher Fäkalien oder ungeklärter Abwässer zur Düngung von Gemüse und Obst, da diese eine dauernde unmittelbare Bedrohung der Bevölkerung mit der Gefahr der Verwurmung undder Ausbreitung von gefährlichen Krankheiten und Seuchen darstellt. Zur Vermeidung von Ascarideninfektionen schlägt SCHUBERT (1947) eine Düngung des Gartens mit Stallmist oder künstlichem Dünger vor, nicht mit Menschenfäkalien. Unter besonders ungünstigen hygienischen Verhältnissen kann auch Trinkwasser eine Infektionsquelle sein, z.B. solches aus flachen Brunnen in der Nähe von Abortgruben und Düngerhaufen. Durch Mensch und Tier können Ascarideneier verschleppt werden, wie aus Eifunden im Fußbodenstaub hervorgeht (BERGSTERMANN, MENDHEIM und SCHEID, 1951). BILLIB (1949) verlangt ausbetonierte Dunggruben, in denen man die Wurmeier verrotten läßt.

ORENSTEIN (1949) konnte feststellen, daß selbst unter den Eingeborenen Südafrikas Ascaridenerkrankungen verbreitet sind.

Welche Wurmeimengen täglich in eine Kläranlage eingeschwemmt werden, geht aus zahlreichen Untersuchungen hervor. REINHOLD (1948) stellt in 1 Liter Rohabwasser von Darmstadt 5400 Wurmeier fest. SCHROEDER (1949), der den Wurmeiergehalt des Berliner Abwassers untersuchte, fand pro Liter 20 - 200 Enterobius vermicularis- und 1 - 15 Ascarideneier. Im Mannheimer Abwasser, das von STUTZ (1950) untersucht wurde, waren pro Liter 4 Ascarideneier enthalten. ZARTNER (1951) fand in München je Liter Rohabwasser 3 Ascarideneier. LEHMANN (1954) stellte im Rohabwasser der Stadt Memmingen 61,84 Wurmeier fest. In Japan durchgeführte Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, daß auch hier der Gehalt des Rohabwassers an Wurmeiern relativ hoch ist (LIEBMANN, 1965). Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt des Abwassers an Wurmeiern von Großstädten Europas, Nordafrikas und Kleinasiens zeigten ebenfalls enorm hohe Zahlen (LIEBMANN, 1964/2). Parasitologische Untersuchungen an der Kläranlage Mindelheim wiesen einen Wochendurchschnitt von 3,34 Ascarideneiern und 0,25 dünnschaligen Nematodeneiern pro Liter Abwasser vor. Weiterhin konnte FORSTNER (1960) feststellen, daß 75,4 % der in die Kläranlage eingeschwemmten Eier von Ascariden stammten. Nach all diesen Untersuchungen kann man annehmen, daß das in einer Kläranlage einer Millionenstadt anfallende Abwasser pro Tag

1 Milliarde Wurmeier enthält. LEHMANN (1954) und FORSTNER (1960) konnten beobachten, daß Schwankungen vor allem in den Kläranlagen vorkommen, die mit Abwässern von großen Schlachthöfen versorgt werden. Die Ursache dafür ist in dem hohen Verwurmungsgrad der Schlachttiere zu suchen. LIEBMANN (1961) warnt davor, ungeklärte oder ungenügend geklärte Abwässer in Vorfluter einzuleiten, da neben der erhöhten Seuchengefahr eine sehr starke Sauerstoffzehrung mit erheblicher Beeinträchtigung der natürlichen Selbstreinigung eintritt. Große volkswirtschaftliche Verluste durch Parasitenbefall unserer Haustiere zwingen zu besonderer Beachtung der hohen Zahlen von Wurmeiern in Schlachthofabwässern (FORSTNER, 1961). Nach LIEBMANN (1964/2) stammen nur 10 % der Wurmeier vom Menschen, 90 % aber von Haustieren. Welche Verluste der Volkswirtschaft unter anderem durch Trematoden entstehen, zeigen Untersuchungen von NEUHAUS und SIX (1964); bei der Fleischbeschau in den Schlachthöfen Nürnberg und Fürth waren bis zu 61 % der Rinder mit Fasciola hepatica und 44,3 % mit Dicrocoelium dentriticum infiziert, entsprechend hoch müßte hiernach der Anteil beanstandeter Lebern sein.

Es ist nachgewiesen, daß ein Zusammenhang zwischen Wurmverseuchung und Verwendung von ungeklärtem Abwasser besteht. Fehlendes oder ungenügendes Arbeiten der Kläranlagen führt zur Verbreitung von Parasitosen. Verregnungsflächen bieten für Wurmeier beste Entwicklungsmöglichkeiten, da sie hier ideale Lebensbedingungen, Sauerstoff, Feuchtigkeit und Temperatur vorfinden. Dort weidende Rinder wiesen einen 14 - 17 % höheren Befall an Parasiten auf gegenüber Tieren, die

nicht auf verregneten Weiden grasten (LIEBMANN, 1964/1). SCHULZ-FALKENHAIN (1948) vertritt die Ansicht, daß das Verfahren für die Reinigung und Verwendung von Abwässern in der Landwirtschaft, nach neuzeitlichen Gesichtspunkten ohne Bedenken angewendet werden kann und seine große Bedeutung hat, sowohl für den Haushalt der Natur als auch für die Reinigung von Abwässern. FORSTNER (1968/2) stellt fest, daß das Überleben von Wurmeiern auf Flächen mit landwirtschaftlicher Nutzung wie Getreide und Kartoffeln untergeordnete Bedeutung hat, da diese Nahrungsmittel vor dem Verzehr hohen Temperaturen ausgesetzt werden. Beim Genuß von nicht behandeltem Feldgemüse dagegen können Wurmeier in den menschlichen Organismus gelangen. MÜLLER (1955) betont, daß in Australien 42 % der Abwässer mit gutem Erfolg verrieselt werden. Einen umfassenden Überblick über die Bedeutung des geklärten Abwassers für die Tiermedizin und die Landwirtschaft geben LIEBMANN (1953/1, 1963, 1966/1) und LIEBMANN und BOCH (1956).

EYER (1961) schreibt, daß auch die heutigen modernen Abwasseraufbereitungsverfahren nicht ohne vorausgehende oder nachfolgende Abwasser- bzw. Schlammdesinfektion ein von pathogenen Keimen befreites Klärwasser zu liefern vermögen. Die Pasteurisierung aller Abwässer mit menschen- oder tierbedingtem Infektionsrisiko sollte daher als Fernziel ins Auge gefaßt werden.

2. Das Verhalten der Wurmeier im Klärprozeß

a) im mechanischen Teil einer Kläranlage mit anschließender anaerober Schlammfaulung

Bei der mechanischen Klärung werden nur die ungelösten, suspendierten, schlammbildenden Sink- und Schwimmstoffe durch rein mechanisch-physikalische Vorgänge bis zu einem gewissen Prozentsatz aus den Abwässern ausgeschieden (STRELL, 1955). Zunächst findet eine grobe Filtration der Abwässer durch rechen-, gitter- oder siebartige Vorrichtungen statt. Hinter dem Grobrechen folgt in der Regel ein Absetzbecken, in welchem die Wurmeier infolge ihres relativ hohen spezifischen Gewichtes absinken und sich anreichern. Nach LIEBMANN (1953/1, 195 , 1963, 1966/1), FORSTNER (1961) und MENSCHEL (1964) genügt eine Aufenthaltszeit von 1 1/2 - 2 Stunden im Absetzbecken völlig, um das Abwasser wurmeierfrei zu machen. Durch Zugabe von Flockungsmitteln zum Abwasser wird eine vermehrte Bildung von Flocken hervorgerufen, deren verklebende und zusammenballende Wirkung in der Lage ist, auch Körper mit an und für sich geringer Sinkgeschwindigkeit mitzureißen (MENSCHEL, 1966).

Bei der anschließenden Schlammbehandlung wird der hier anfallende, mit Wurmeiern angereicherte Schlamm durch eine Schlammfaulung einer gesonderten Behandlung unterzogen. VIEHL (1950) stellt folgende Forderung: Dieser Schlamm soll nur in ausgefaultem oder kompostiertem Zustand verwendet werden, da dann Eingeweidewürmer und Krank-

heitskeime größtenteils abgetötet sind. Eine entsprechende Meinung vertritt REINHOLD (1950). Der ausgefaulte und getrocknete Schlamm kann, wie BRUNNER (1952) betont, nicht ohne weiteres als hygienisch einwandfrei betrachtet werden. NEWTON, BENNET und FIGGAT (1949) sagen, daß auch das Ausfaulen sehr lange Zeit braucht, bis die Wurmeier zerstört werden. Bezüglich des Abwasserschlammes gilt für südafrikanische Verhältnisse nach MC' LACHLAN (1949), daß man bei der Schlammverwertung sicher sei gegen die Übertragung von Krankheitskeimen und Eingeweidewürmern, wenn der Schlamm 3 - 6 Monate lang in Faulräumen und auf Trockenbeeten behandelt worden sei. Das gleiche Problem wird von WILSON (1949) behandelt.

Es ist möglich, die Verbreitung von Zooparasiten zu unterbinden, besonders,dann, wenn für genügend lange Ausfaulzeit des Schlammes in der alkalischen Phase gesorgt wird (LIEBMANN, 1955, 1963). Nach LIEBMANN (1966/1) muß die Ausfaulungszeit in unbeheizten Faulräumen mindestens 3 Monate, in beheizten mindestens 2 Monate betragen, um die Wurmeier sicher abzutöten. Die Ursache der Schädigung ist in dem lang dauernden Fäulnisprozeß im alkalischen Milieu und vor allen Dingen in dem dabei entstehenden Methangas zu suchen (LIEBMANN, 1950, 1953/2, 1966/2). Isolierte Eier von Taenia saginata wurden nach 56 Tagen im beheizten Faulraum zu 63,6 % abgetötet, nach 38 Tagen waren im unbeheizten Faulraum nur 41,4 % vernichtet (MENSCHEL, 1963). Innerhalb einer 3 monatigen Ausfaulzeit im beheizten Faulturm ist es nicht gelungen,

sämtliche in den Klärschlamm gebrachten Spulwurmeier zur Abtötung zu bringen (STROH, 1961). FORSTNER (1968/1) stellt fest, daß Spulwurmeier nach 26 tägigem Faulraumaufenthalt bei 30 °C durch die Faulprozesse nur eine reversible Entwicklungshemmung erfahren. Selbst nach einem anschließenden 5 monatigen Freilandaufenthalt blieben diese Eier größtenteils noch invasionstüchtig. Weiter ergaben Untersuchungen von FORSTNER (1970/1), daß ein Faulprozeß von 3 Monaten im Emscherbrunnen die Entwicklung von Eiern des Schweinespulwurmes hemmt. Dieser Vorgang ist jedoch reversibel. Anschließend in günstige Umweltverhältnisse gebracht, erreicht ein hoher Prozentsatz dieser Wurmeier die Invasionsreife.

Methoden, um Wurmeier im Schlamm sicher abzutöten sind jedoch bereits seit längerer Zeit bekannt. So berichtet SEISER (1949), daß die Heißvergärung des mit Müll kompostierten Klärschlammes als einzig sicheres Mittel zur Abtötung von Ascarideneiern anzustreben ist.
Auch STROH (1961) und LIEBMANN(1966/2)sehen eine sichere Abtötung der Wurmeier in der Hitzesterilisation des Schlammes.

LIEBMANN und OFFHAUS (1960) zeigen einen ganz neuen Weg: Durch Sterilisierung des Faulschlammes durch Erhitzen auf 100 - 120° C für eine Dauer von 15 - 20 Minuten läßt sich der Ausfaulungsprozeß des Frischschlammes bei etwa gleicher Methanproduktion um mindestens 1/3 der Zeit verkürzen. MUDRACK (1966) schlägt eine Schlammpasteurisierung bei 70° C über 15 - 20 Minuten vor. Eine einwand-

freie Verwertung oder Beseitigung dieser parasiteneierangereicherten Schlämme kann durch Schlammpasteurisierung oder Kompostierung erfolgen (FORSTNER, 1970/2).

Zusammenfassend läßt sich über das Verhalten der Ascarideneier im Abwasser und Faulschlamm folgendes sagen: Durch eine 1 1/2 - 2 stündige Aufenthaltszeit des Abwassers im Absetzbecken werden die Wurmeier dort angereichert. Durch eine genügend lange Ausfaulung oder eine anschließende Erhitzung des Schlammes werden sämtliche Wurmeier abgetötet.

b) im biologischen Teil einer Kläranlage mit aerober Schlammstabilisation.

Nach einer mechanischen Reinigung wird das Abwasser in den meisten Fällen noch einer biologischen Reinigung unterzogen, das heißt, es müssen die im geklärten Abwasser noch enthaltenen organisch gelösten Schmutzstoffe bis zur Fäulnisunfähigkeit abgebaut werden. Wurmeier gelangen dann in die biologische Nachreinigung, wenn sie durch ein nicht einwandfrei arbeitendes Absetzbecken nicht sedimentieren. Weiterhin gelangen Wurmeier in die Schlammbelebungsanlage, wenn das Abwasser nicht mechanisch vorgeklärt wird, wie es beim Oxydationsgraben und der Schlammbelebungsanlage nach DANJES - SCHREIBER der Fall ist.

MARTIN (1964) prüfte Wurmeier in biologischen Abwasseranlagen mit mechanischer Vorreinigung. Dabei stellte er fest, daß die Tropfkörper neben den Schmutzstoffen z.T. auch die Wurmeier aus dem Ab-

wasser herausfiltern. Nach 6 Wochen Verweildauer waren in der Belebungsanlage und im Schwachlasttropfkörper 5 % der Spulwurmeier irreversibel verändert. Im Hochlasttropfkörper beobachtete er 16 % geschädigter Ascarideneier. Dies muß man als eine für die Praxis ungenügende Abtötung ansehen. LIEBMANN (1966/1) meint dazu, daß weder im Belebungsbecken, noch im Tropfkörper Parasiteneier abgetötet werden. Auch FORSTNER (1961) betont, daß als sichere Methode zur Vernichtung von Wurmeiern weder das Tropfkörper- noch das Schlammbelebungsverfahren angesehen werden kann.

HAMM (1964) führte Versuche im Oxydationsgraben durch. Bei diesen Untersuchungen zeigte sich, daß hinsichtlich der Ascarideneier eine 70-fache Anreicherung gegenüber dem Rohabwasser im Graben stattfindet. Nach 3 Monaten Aufenthaltszeit der Eier im Oxydationsgraben waren nur zu einem geringen Prozentsatz morphologisch erkennbare Schäden festzustellen. SCHÄTZLE (1969) vertritt ebenfalls die Meinung, daß Wurmeier bei der aeroben Schlammstabilisation keinerlei Schädigung erfahren.

GÜNTHÖR (1970) führte Versuche mit Ascarideneiern in der Denifloc-Anlage, der Anlage nach Schmitz-Lenders, im Oxydationsgraben, in der Ohm'schen-Anlage und in der Anlage nach Danjes-Schreiber durch. Nach 120 Tagen Aufenthalt der Ascarideneier in den Anlagen wurden bei ihm maximal 30 % der Eier so geschädigt, daß eine Weiterentwicklung nicht mehr möglich war. Er weist nach, daß Belebtschlammanlagen auf Ascarideneier lediglich

eine reversible, entwicklungshemmende Wirkung ausüben. Gelangen die Eier in günstige Umweltverhältnisse, wird ihre Entwicklung beschleunigt abgeschlossen.

SCHERB und FORSTNER (1971) teilen mit, daß im Hinblick auf die Verwendung des bei der biologischen Behandlung des Abwassers anfallenden Überschußschlammes als Dünger darauf hingewiesen werden muß, daß dieser Schlamm stets lebensfähige Eier von Wurmparasiten in großer Zahl enthält. Ihre Vernichtung ist durch Verfahren mit Hitzeeinwirkung wie Schlammpasteurisierung oder -kompostierung anzustreben.

3. Die Widerstandsfähigkeit von Wurmeiern gegenüber verschiedenen Umwelteinflüssen

Die Spulwurmeier zeichnen sich durch eine große Widerstandfähigkeit gegen gewisse Einwirkungen chemischer, mechanischer und thermischer Art aus. Sie ist entscheidend bedingt durch den Bau der Eischale. Diese besteht aus 3 Schichten. Die äußere, sogenannte Eiweißschicht, besteht aus Glukosaminen. Sie ist klebrig - schleimig und bildet so außer ihrer Haftfähigkeit einen Schutz gegen Eintrocknung. Es folgt die mittlere, sich in 3 Hüllen aufteilende, chitinöse "Membrana lucida", die das Ei vor allem gegen mechanische Einflüsse schützt. Die 3. Schicht, "Membrana vitellina", auch Lipoidschicht genannt, ist semipermeabel, fibrillär gebaut und enthält

hauptsächlich einen aus Palmitinsäure und einem Alkohol bestehenden Körper. Diese, nur für Sauerstoff und lipoidlösende Stoffe durchdringbare Schicht, schützt das Ei gegen den Einfluß zahlreicher Chemikalien (BORCHERT, 1962).

Durch seine große Widerstandsfähigkeit ist das Ascaridenei bei seiner Abtötung ein Gradmesser für die Vernichtung aller anderen Parasiteneier. Werden Spulwurmeier abgetötet, so kann man mit Sicherheit annehmen, daß ebenfalls auch sämtliche anderen Wurmeier abgetötet sind. MÜNNICH (1965) stellte Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Fett- und Glykogengehalt von Ascaridenlarven und der Dauer ihrer Infektionsfähigkeit an. Er bewahrte embryonierte Eier des Schweinespulwurmes über 4 Jahre unter Laboratoriumsbedingungen auf. Sie behielten während dieser Zeit ihre Lebensfähigkeit. Ihre Infektionsfähigkeit war jedoch am Ende des 4. Jahres stark vermindert. MÜNNICH führte das Abklingen der Infektionsfähigkeit auf die Erschöpfung des Fettdepots zurück, welches sich bei der Ascarislarve in der Region des Mitteldarms befindet.

Die Münchner Untersuchungen in Kieselschotterböden von PLÖSSL (1950), RENNER (1951) und ZARTNER (1951) führten übereinstimmend zu der Feststellung, daß die Lebensfähigkeit der Ascarideneier im Boden nicht wesentlich über 1 Jahr liegt. Man muß demnach in der Praxis mit einer Lebensfähigkeit der Spulwurmeier im Erdboden von etwa einem Jahr rechnen.

a) physikalische Faktoren

GERMANS (1954) berichtet, daß die Spulwurmeier

gegenüber physikalischen Außenfaktoren äußerst resistent sind. Das Verhalten unddie Widerstandsfähigkeit der Wurmeier gegen verschieden hohe Drucke überprüften MÜLLER (1951) und LIDLE (1954). Die Versuchsergebnisse besagen, daß selbst Drucke von 225 Atü über 4 - 72 Stunden nicht ausreichen, um Ascarideneier endgültig abzutöten.

Die Widerstandsfähigkeit von Spulwurmeiern gegenüber der Einwirkung ultravioletter Strahlen untersuchte RUF (1955). Dabei kam er zu dem Ergebnis, daß bei einer Bestrahlung der Eier und Larven mit ultraviolettem Licht diese nach einer 20 minütigen Einwirkung der Strahlen zum größten Teil abgetötet sind. Eine 100 % ige Abtötung der Keime erfolgte jedoch nach einer 1 stündigen Bestrahlung nicht. SAUER (1969) führte Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit von Ascarideneiern gegenüber Gamma-Strahlen (Cs 137) durch. Dabei konnte er feststellen, daß der Grad der Schädigung immer von der Bestrahlungsdauer und der -dosis abhängt.

FORSTNER (1961) zeigte, daß Ascarideneier ohne Schaden zu nehmen überwintern können. JONAS (1970) kühlte Ascarideneier auf - 79° C ab. Bei all diesen Versuchen verloren die Ascarideneier ihre Entwicklungsfähigkeit restlos. Jedoch bei Temperaturen von - 25° C in Zeiträumen, die den Verhältnissen im Freien entsprechen, gelang ihm eine vollkommene Vernichtung der Spulwurmeier nie.

b) chemische Faktoren

GÄRTNER und MÜTING (1951) berichten, daß man annehmen muß, daß die Eihüllen ähnlich wie bei der Schlammfaulung aufgelöst und die Eier selbst zerstört werden, da das Rieselfeld biochemisch hochaktiv ist. Sie geben die Lebensfähigkeit von Spulwurmeiern in Rieselböden mit höchstens 2 Jahren an. Beim "Elkaverfahren", bei dem der Frischschlamm zunächst auf Trockenbeeten bis zur Stichfestigkeit luftgetrocknet wird, macht dieser Schlamm anschließend eine Heißvergärung durch, bei der Temperaturen um 70° C erreicht werden. Dabei werden Ascarideneier in der warmen Jahreszeit abgetötet, während in der kalten Jahreszeit die Temperaturen in den Gärhaufen nicht hoch genug sind, um Spulwurmeier zu vernichten (STUTZ, 1950). ENIGK, HILDEBRANDT und TIETJEN (1965) führten Versuche mit Helmintheneiern im Schwemmist durch. Nach einem 85-tägigen Aufenthalt im Schwemmist bei 8° C entwickeln sich Eier von Ascaris suum noch zu etwa 70 % weiter.

Im Urin oder in uringetränkter Erde entwickeln sich Ascarideneier nicht (LAPAGE, 1956). LOCHER (1954) berichtet, daß die Entwicklung der Wurmeier in Gülle und Jauche nicht fortschreitet. Spätestens nach 60 Tagen Aufenthalt sind die Spulwurmeier abgetötet.

WALLNER (1956) sieht bei Versuchen mit Wurmeiern in Futtersilos in den Gärungs- und Fäulnisvorgängen, sowie vor allem in der Temperatur schädigende Faktoren. Es wird ein großer Teil der zooparasitären

Keime im Silo abgetötet. Spulwurmeier werden in Silos, in denen Temperaturen über 40° C herrschen, nach einem Aufenthalt von 30 Tagen vernichtet. In Silos mit Temperaturen unter 30° C werden sie nach einer Zeit von 4 Monaten zu 2/3 in ihrer Entwicklungsfähigkeit geschädigt. SCHRÖTTLE (1955) zeigt in seiner Arbeit auf, daß nach einer Lagerung in Naturdünger eine Spulwurmverbreitung so gut wie ausgeschlossen ist.

Die Wirkung von Aktivchlor auf Wurmeier prüfte FIEGEL (1954). Er berichtet, daß unwirtschaftlich hohe Dosierungen erforderlich sind. Erst bei einer Chlorung mit 8350 mg pro Liter vermochte er alle Spulwurmeier abzutöten. Die Chlorung als Mittel zur Vernichtung von Wurmeiern ist daher praktisch bedeutungslos. Einen umfassenden Überblick über die Vernichtungsmöglichkeit mit Chemikalien gibt LIEBMANN(1953/1).PLÖSSL (1950) konnte nachweisen, daß Ascarideneier ohne Schaden zu nehmen einen mehrwöchigen Sauerstoffentzug überstehen und anschließend die Embryonierung fortsetzen.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß die Beseitigung der Wurmeier,speziell der Eier von Ascariden, im Abwasser, Klärschlamm oder gar in Abortgruben mit Hilfe von Chemikalien nicht möglich ist, da einerseits unwirtschaftlich große Mengen erforderlich wären, andererseits diese Chemikalien, die für den Ausfaulungsprozeß wichtigen Methanbakterien vernichten und außerdem die Düngewirkung des Schlammes beeinträchtigen würden (LIEBMANN, 1953/1/2).

4. Die Möglichkeiten der Vernichtung von Wurmeiern im Abwasser

Nach all diesen in den letzten Jahren durchgeführten Untersuchungen bieten sich nur 2 Möglichkeiten, Wurmeier wirkungsvoll zu beseitigen.

1. Die Abtötung der Parasiteneier durch hohe Temperaturen
2. Die Abtötung durch langes Austrocknen

SEISER berichtet schon 1949, daß wegen der enormen Widerstandsfähigkeit gegen Kälte und Chemikalien die große Hitzeempfindlichkeit der Wurmeier der Angelpunkt ihrer wirksamen Vernichtung ist. Auch GERMANS (1954) sieht einzig und allein durch Trokkenheit und hohe Temperaturen die Möglichkeit, Spulwurmeier frühzeitig abzutöten. EYER (1966) empfiehlt ebenfalls die Anwendung thermischer Verfahren, da diese am wirksamsten sind. LIEBMANN (1966/2) betont, daß bei einer Temperatur von 70 - 80° C nach einer Einwirkungszeit von 5 - 15 Minuten alle gefährlichen Keime und Wurmeier abgetötet werden.

Zieht man aus diesen Berichten eine Schlußfolgerung, so bleibt nur die Hitzesterilisation bzw. Schlammpasteurisierung als sicherer Weg, sämtliche Wurmeier und Krankheitserreger im Abwasser und im Klärschlamm abzutöten. Zusätzlich können noch geeignete Kompostierungsverfahren zur Vernichtung von Wurmeiern empfohlen werden.

5. Das Belebtschlammverfahren

Unter diesem Verfahren versteht man die Reinigung des Abwassers mit belebten Flocken. Das Verfahren ist gewissermaßen eine künstlich verstärkte Selbstreinigung. Die Vorgänge sind genau die gleichen wie bei der im Fluß sich abspielenden biologischen Selbstreinigung, nämlich Ad- und Absorptionskräfte eines besonders beschaffenen Materials, des sogenannten Flockenschlammes. Die Lebewesen, die die Reinigung besorgen, sind in den Lüftungsbecken in ungeheurer Zahl auf kleinem Raum zusammengedrängt. Durch künstliche Zufuhr von Luft wird dafür gesorgt, daß die Lebewesen trotz ihrer Anhäufung noch genügend Sauerstoff vorfinden. Das Wasser in den Becken wird künstlich bewegt, damit die flockige Masse sich nicht zu Boden setzen kann, wo sie infolge Sauerstoffmangels absterben müßte (IMHOFF, 1966). Der mit Bakterien und Protozoen durchsetzte Flockenschlamm hält kraft seiner adsorptiven Eigenschaften die im frischen Abwasser immer mitgeführten Schmutzstoffe fest und wandelt sie durch die hauptsächlich an seiner Oberfläche angesiedelten Mikroorganismen in mineralische Stoffe um. Wegen des hohen Gehaltes an Mikroorganismen nennt man diesen Schlamm "belebten Schlamm" (STRELL, 1955). Bei diesem Abwasserreinigungsverfahren entsteht Überschußschlamm. Überschußschlamm ist die Menge an belebtem Schlamm, die zur Aufrechterhaltung einer gleichen Schlammkonzentration in der Anlage abgezogen und aus dem System entfernt werden muß (LIEBMANN, 1968).

Dieser Schlamm wird anschließend auf Schlammlagerplätze verbracht.

Wurmeier werden mit dem Abwasser in eine Belebtschlammanlage ohne mechanische Vorklärung in großer Zahl eingeschwemmt, wo sie sich anreichern (HAMM, 1964). Bei biologischen Anlagen mit mechanischer Vorklärung gelangen Wurmeier dann in die biologische Nachreinigung, wenn Absetzbecken nicht einwandfrei arbeiten bzw. überlastet sind.

In jüngerer Zeit wurden vielerorts Belebtschlammanlagen erstellt. Da über den Einfluß der Schlammlagerung auf Wurmeier wenig bekannt ist, soll es die Aufgabe dieser Arbeit sein, zu prüfen, was mit Parasiteneiern während ihres Aufenthaltes im Schlamm geschieht.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

A. Material und Methode

1. Ascarideneier

a) Materialbeschaffung

Die Spulwürmer wurden jeweils an den Hauptschlachttagen aus frisch ausgesteiften Schweinedärmen in den Schlachthöfen München und Rosenheim gewonnen. Um die dickschaligen Wurmeier von Ascaris suum zu erhalten, wurde aus den noch lebenden Spulwürmern der paarig angelegte Uterus von der Vaginalöffnung aus auf eine Länge von etwa 1,5 cm sorgfältig herauspräpariert. Es muß unbedingt darauf geachtet werden, daß nicht ein größerer Abschnitt des Uterus verwendet wird, da sich nur in diesem letzten Teil befruchtete Eier befinden. In einer mit Wasser gefüllten Petrischale werden die befruchteten Eier mit Hilfe einer Präpariernadel sauber aus dem Uterusabschnitt ausgesteift. Anschließend erfolgt ein sorgfältiges Umrühren der Spulwurmeier, um eine möglichst homogene Eiaufschwemmung zu erhalten. Die Eimengen wurden mit der Verdünnungsmethode ermittelt. Dazu wurden die Eier in ein graduiertes Reagenzglas verbracht und dieses mit 10 ml Wasser aufgefüllt, anschließend wurde gut durchgemischt, um eine gleichmäßige Verteilung der Eier im Wasser zu erreichen. Von dieser Eiaufschwemmung wurden jeweils 5 mal 0,1 ml abpipettiert, auf einen Objektträger verbracht und unter dem Mikroskop ausgezählt. Bei späteren Versuchen konnte in einem graduierten Reagenzglas an der

Menge des Eisediments gut die ungefähre Eizahl abgeschätzt werden. Diese Methode beschrieben bereits FORSTNER und SCHÄTZLE (1966) und FORSTNER (1971). Je Probe gelangten ungefähr 3 Mio Eier zur Verwendung. Um diese Anzahl zu erhalten, benötigt man ungefähr 35 Spulwürmer. Danach wurden die Parasiteneier in Perlongazebeutel mit der Maschenweite 28 µ überführt. Die Beutel wurden dann sofort in die Trockenbeete bzw. in das Silo verbracht, die mit Schlamm der einzelnen Anlagen angefüllt waren. Anschließend erfolgte eine gute Durchmischung der Beutel mit dem Schlamm. Um nach den entsprechenden Lagerzeiten diese Beutel wiederzufinden, befestigt man sie mit Perlonschnüren am Rand der Schlammlagerplätze.

b) Versuchsanordnung

Da über die Lebensfähigkeit von Ascarideneiern schon verhältnismäßig viel über kürzere Zeitabstände gearbeitet worden ist, wurde besonderer Wert auf möglichst langfristigen Aufenthalt in den einzelnen Schlammlagerplätzen gelegt. Die Entnahme der Proben aus den verschiedenen Anlagen erfolgte in Zeitabständen von jeweils 1/4, 1/2, 3/4 und 1 Jahr. Das Verhalten der Spulwurmeier im Schlamm wurde hierbei im Trockenbeet der Danjes - Gegenstrombelebungsanlage, im Trockenbeet der Denifloc - Anlage, im Trockenbeet des Oxydationsgrabens und im Silo des Oxydationsgrabens geprüft. Die Entnahme der Beutel fand nach den entsprechenden Lagerzeiten statt. Jede Probe kam in eine Petrischale, die mit Wasser gefüllt war. Von dieser

Eiaufschwemmung wurden 3 Tropfen auf einen Objektträger verbracht. Durch Auszählen von 4 x 100 Eiern konnte man feststellen, welche morphologischen Veränderungen an den Eiern zu beobachten waren und wieviel Eier überhaupt keine Veränderungen zeigten. Um erkennen zu können, ob es sich bei Veränderungen um irreversible Schäden handelte, erfolgte anschließend eine 35 tägige Bebrütung der Eier bei 29° C. Die Ascarideneier wurden jeden Tag mit einem Glasstab umgerührt und so belüftet. Eventuell verdunstetes Wasser wurde nachgeschüttet. So lagerten die Spulwurmeier unter idealen Bedingungen, nämlich Wärme, Feuchtigkeit und Sauerstoff. Diese Trias bezeichnen SPREHN (1932) u.a. als maximales Lebensmilieu für diese Wurmeier. Die Petrischalen wurden mit einer 2. Schale abgedeckt, jedoch so, daß ein Luftzutritt noch möglich war. Die Überprüfung der Entwicklung der Eier erfolgte im 5 tägigen Abstand, wobei jeweils 4 x 100 Eier ausgezählt und beurteilt wurden. Dabei wählte man bei den Eiern von Ascaris suum eine Unterteilung entsprechend der verschiedenen Entwicklungsstadien, nämlich: Larvenstadien, Morulaestadien, Vielzellstadien und nicht entwickelte (ungefurchte) Eier. Der Begriff "geschädigt" wurde bewußt nicht gewählt, da man am Entnahmetag, sowie nach den ersten Bebrütungstagen oft den Eindruck einer Schädigung hatte, nach weiteren Bebrütungstagen aber feststellen mußte, daß sich die Eier normal entwikkelten. Nach 35 Bebrütungstagen hatten sich in allen Fällen die Eier der Proben zu invasionsreifen, bescheideten, gut beweglichen Larven entwickelt. Auch bei einer

länger dauernden Bebrütung erhöhte sich der Prozentsatz der larvenhaltigen Eier nie.

c) Tierversuche

Um die Invasionstüchtigkeit der Eier zu überprüfen, erfolgte im Anschluß an die Bebrütung ein Mäuseversuch. Dazu wurde helminthenfreien Mäusen etwa 50.000 Eier von Ascaris suum mit einer geknöpften Injektionsnadel peroral eingegeben. Mit der 4 cm langen Nadel konnte man bei einiger Übung die Eier direkt in den Oesophagus verbringen, so daß die Maus die Eimenge restlos aufnehmen mußte. Nach etwa 20 Stunden wurden die Mäuse getötet und von jeder Leber mehrere Quetschpräparate angefertigt, die auf Spulwurmlarven untersucht wurden. Nach dieser Zeit wandern (BHOWMICK, 1964; JONAS, 1970) die meisten Larven in die Leber, wo sie sich bis zu 8 Tagen aufhalten. Eine Pepsinverdauung der Leber, wie sie bei FORSTNER und SCHÄTZLE (1966) und JONAS (1970) beschrieben ist, war in keinem Fall nötig.

d) Kontrollversuche

Zu jeder Versuchsreihe wurden Kontrollproben angesetzt, um für die Auswertung Vergleichsergebnisse zu erhalten. Bei den Kontrollen von Ascaris suum wurden für jede Probe etwa 1,5 Mio Eier verwendet, die auf 3 Petrischalen verteilt wurden. Es folgte eine 45 tätige Bebrütung bei 29 ^{o} C, ebenfalls eine tägliche Belüftung sowie in Abständen von 5 Tagen eine Überprüfung des Entwicklungsstandes. Im Anschluß an die Bebrütung wurden auch hier Mäuseversuche durchgeführt.

2. Oesophagostomumeier

a) Materialbeschaffung

Die Eier von Oesophagostomen wurden aus frischem Kot älterer Schweine gewonnen. Da es hier im wesentlichen um die Überprüfung dünnschaliger Eier ging, blieben evtl. vorhandene und differenzialdiagnostisch nicht sicher zu trennende Hyostrongylus - oder Globocephalus-Eier unberücksichtigt bzw. wurden im Rahmen der Versuchsanordnung als solche von Knötchenwürmern erfaßt. Ein Teil Kot wurde mit 5 Teilen gesättigter Zuckerlösung gut vermischt. Das Gemisch wurde durch ein feinmaschiges Sieb gerührt, um die groben Kotteile zu trennen. Anschließend wurde die Lösung für 20 Minuten ruhig gestellt. Die Oesophagostomumeier werden durch das höhere spezifische Gewicht der gesättigten Zuckerlösung veranlaßt aufzusteigen. Nach SEIFERT (1955) und WOELK (1966) reichen 10 - 20 Minuten für das Aufsteigen der Parasiteneier aus. Nach 20 Minuten wurden die Parasiteneier von der Oberfläche mit einer Drahtöse abgehoben. Um 3 - 4 Tausend Wurmeier zu erhalten, mußte 150 - 250 mal so verfahren werden. Dabei wurde nach jedem zwanzigsten Abheben die Menge der Eier in der Drahtöse unter dem Mikroskop ausgezählt, um ein Absinken der Anzahl der Eier sofort festzustellen. Die Zentrifugengläser, in denen sich die Oesophagostomumeier befanden, wurden mit Leitungswasser aufgefüllt, gut durchgeschüttelt und anschließend zentrifugiert. Auf diese Art und Weise wurden die Eier von der Zuckerlösung befreit. Mit einer Pipette konnte man dann das gewonnene Wurmeisediment

leicht in die schon beschriebenen Perlongazebeutel von 28µ überführen. Im Gegensatz zu den Versuchen mit Spulwurmeiern wurden hier nur 2 - 4 Tausend Eier je Probe verwendet. Die Verpackung und Einbringung in die entsprechenden Schlammlagerplätze erfolgte wie schon bei den Spulwurmeiern beschrieben.

b) Versuchsanordnung

Bei den Versuchen mit Eiern von Oesophagostomen wurden die Proben jeweils nach 1, 6, 13, 20 und 30 Tagen Aufenthalt im Schlamm entnommen. Das Verhalten der Wurmeier wurde hierbei untersucht im Trockenbeet der Danjes - Gegenstrombelebungsanlage und im Trockenbeet und Silo des Oxydationsgrabens. Außerdem wurde die Lebensfähigkeit dieser Eier im Trockenbeet der sogenannten Münchener Versuchsanlage geprüft, einer biologischen Anlage mit Rohrbelüftung. Bei diesen Versuchen wirkten sich die kürzeren Zeitabstände der Lagerung sehr vorteilhaft aus, da der Schlamm bei der Entnahme der Proben noch sehr wäßrig war und sich leicht von den Perlongazebeuteln abspülen ließ. Außerdem übten die Maschen des Beutels noch eine zusätzliche Filterfunktion aus. So erhielt man bedeutend reineres Arbeitsmaterial als bei den Versuchen mit Ascaridenei̇ern, die nach den langen Lagerzeiten oft stark verunreinigt waren und dadurch eine Beurteilung erschwerten. In einer Petrischale erfolgte ein sorgfältiges Auswaschen der Beutel. Anschließend wurde die Eiaufschwemmung zentrifugiert.

Hierbei wurden die Wurmeier nicht in Petrischalen verbracht und bebrütet, wie es bei den Versuchen mit Ascarideneiern schon beschrieben ist, sondern das Wurmeisediment aus dem Zentrifugenglas wurde mit wenig Wasser verdünnt und anschließend auf einen Objektträger mit einer eingeschliffenen Vertiefung pipettiert. Dabei war es von besonderer Wichtigkeit darauf zu achten, daß die wenigen Tropfen der Eiaufschwemmung nicht im Brutschrank verdunsteten. Um dieses zu vermeiden, wurde eine Petrischale mit wenig Wasser gefüllt, in das Wasser wurden zwei kurze Glasstäbe gelegt, die jedoch noch aus dem Wasser hervorragten. Quer über diese beiden Glasstäbe wurde der Objektträger mit der eingeschliffenen Vertiefung verbracht. Um aber ein Verdunsten völlig auszuschließen, wurde diese Petrischale noch mit einer zweiten größeren Durchmessers abgedeckt. Mittels dieser Methode konnte man die Oesophagostomumeier mehrere Tage bebrüten, ohne daß die wenigen ml Wasser verdunsteten. Bei diesen Versuchen wurden die Proben 2 Tage bei 29° C bebrütet, da die Entwicklung zu frei beweglichen Larven meist nach dem 1. Bebrütungstag bereits abgeschlossen war. Durchgemustert wurden die Proben am Entnahmetag, sowie nach dem ersten und zweiten Bebrütungstag. Dabei zählte man nicht nur einen einzelnen Tropfen aus, sondern das ganze Präparat. Vor der Untersuchung wurde die Eiaufschwemmung sorgfältig und vorsichtig mit einer Nadel gemischt. Das war nötig, um beim Auszählen von 4 x 100 Eiern einen korrekten Mittelwert zu bekommen, denn durch die starke Bewegung der Larven sammelten sich dieselben zum größten Teil

an der tiefsten Stelle der eingeschliffenen Vertiefung des Objektträgers an. Auch bei diesen Versuchen wurden die Parasiteneier nach morphologischen Merkmalen beurteilt. Zunächst wurde in Larven, Eier mit ungefurchtem Plasma und Eier mit gefurchtem Plasma unterteilt. Zu den Larvenstadien gehören Larven, die sich noch im Ei befinden, geschlüpfte Larven und Larven, die Krüppelbildungen aufweisen. Bei den Eiern mit ungefurchtem Plasma wurden Eier mit hellem Plasma, dunklem Plasma und Eier mit blasigem Plasma unterschieden. Eier mit gefurchtem Plasma ließen in keinem Fall besondere morphologische Eigenarten erkennen. Als Beweis einer abgeschlossenen Entwicklung bei den Oesophagostomumeiern wurde die starke Beweglichkeit der Larven und das Fehlen jeglicher Krüppelbildung angesehen.

c) Kontrollversuche

Als Kontrollversuche wurden zu jeder Versuchsreihe 2 - 4 Tausend Eier auf drei der beschriebenen Objektträger verbracht. Diese wurden ebenfalls 2 Tage bei 29° C bebrütet. Hierbei konnte festgestellt werden, daß der Prozentsatz der Eier, die Larven hervorbringen, bedeutend höher liegt, als bei den Versuchen mit Ascarideneiern.

B. Ergebnisse

1. T e i l : Untersuchungen mit Ascarideneiern

1. Ergebnisse der Kontrollversuche

Es konnte festgestellt werden, daß die Spulwurmeier

der Kontrollproben einen längeren Zeitraum brauchten, um bis zum Larvenstadium zu kommen, als die Proben, die vorher in einem Schlammlagerplatz verweilten. Die Ascarideneier, die vorher im Trockenbeet bzw. im Silo gelagert hatten, brauchten im Schnitt 10 -15 Tage Brutschrankaufenthalt, um sich bis zum Larvenstadium zu entwickeln. Die Kontrollproben dagegen benötigten immer 15 - 20 Tage, um ihren höchsten Prozentsatz larvenhaltiger Eier zu erreichen. Jedoch handelt es sich bis zu diesem Zeitpunkt noch um unbescheidete Larven, das heißt, diese Larven sind noch nicht invasionstüchtig. Bescheidete Larven konnten immer spätestens nach 30 Bebrütungstagen beobachtet werden. Um festzustellen, ob es sich in den Eiern um bescheidete Larven handelt, muß man die Larven unter dem Mikroskop durch Druck mit einer Präpariernadel auf das Deckglas aus der Eihülle befreien. An der nun freien Larve kann man gut die Scheide erkennen.

Von den Ascarideneiern entwickelten sich 93,5 % bis 97 % zu bescheideten Larven. Die restlichen Eier blieben ohne jede Weiterentwicklung oder gelangten bis zum Vielzellstadium bzw. Morulastadium. Überhaupt keine Entwicklung konnte bei 1,5 % - 4,5 % der Eier beobachtet werden. Die durchgeführten Tierversuche waren in allen Fällen positiv.

(Tabellen 1 - 4)

Tabelle 1:

Die Ergebnisse der Bebrütung von Ascarideneiern zur Kontrolle des für das Trockenbeet der Danjes-Gegenstrombelebungsanlage verwendeten Eimaterials (in %).

Untersuchungen	Larven	Morulae	Vielz.	nicht entw.
nach 5 Bebrütungstagen	0	2	3,5	94,5
" 10 "	5	68	20,5	6,5
" 15 "	88	6	1	5
" 20 "	94	2	0	4
" 25 "	93	1	1	5
" 30 "	93,5	2	0	4,5
" 35 "	93	2	0	5
" 40 "	93	2	0,5	4,5
" 45 "	93,5	2	0	4,5

Tabelle 2:

Die Ergebnisse der Bebrütung von Ascarideneiern zur Kontrolle des für das Trockenbeet der Denifloc-Anlage verwendeten Eimaterials (in %).

Untersuchungen	Larven	Morulae	Vielz.	nicht entw.
nach 5 Bebrütungstagen	0	1,5	5	93,5
" 10 "	9	82	2	7
" 15 "	90	3,5	0,5	6
" 20 "	95	1	1	3
" 25 "	96	1,5	0	2,5
" 30 "	95	3	0	2
" 35 "	95	3,5	1	0,5
" 40 "	93	3,5	1,5	2
" 45 "	96	1,5	0,5	2

Tabelle 3:

Die Ergebnisse der Bebrütung von Ascarideneiern zur Kontrolle des für das Trockenbeet des Oxydationsgrabens verwendeten Eimaterials (in %).

Untersuchungen	Larven	Morulae	Vielz.	nicht entw.
nach 5 Bebrütungstagen	0	0	12	88
" 10 "	10	75	6	9
" 15 "	93	1	2	4
" 20 "	95	3	0	2
" 25 "	93	3,5	1	2,5
" 30 "	93	3	1	3
" 35 "	94	2	0,5	3,5
" 40 "	93,5	1,5	1,5	3,5
" 45 "	94	3	0	3

Tabelle 4:

Die Ergebnisse der Bebrütung von Ascarideneiern zur Kontrolle des für das Silo des Oxydationsgrabens verwendeten Eimaterials (in %).

Untersuchungen	Larven	Morulae	Vielz.	nicht entw.
nach 5 Bebrütungstagen	0	3	7	90
" 10 "	11	80	7	2
" 15 "	94	3	0	3
" 20 "	96,5	1,5	0	2
" 25 "	95	1	1	3
" 30 "	97	1,5	0,5	1
" 35 "	96	2,5	1	0,5
" 40 "	97	1	0	2
" 45 "	97	1	0,5	1,5

2. Die Einwirkung der Schlämme auf die Entwicklungsfähigkeit von Ascarideneiern

a) Danjes - Gegenstrombelebungsanlage

Das Trockenbeet der Danjes - Gegenstrombelebungsanlage wurde im Juli 1970 mit Ascarideneiern beschickt. Die letzte Entnahme erfolgte im September 1971. Die längste Aufenthaltszeit der Proben im Schlamm dieser Anlage betrug 13 Monate.

Nach 1/4 Jahr Aufenthalt im Trockenbeet entwikkelten sich lediglich 2 % Eier bis zum Vielzellstadium. 98 % der Eier zeigten überhaupt keine bemerkbare Weiterentwicklung bzw. morphologische Veränderung. Jedoch konnte bereits nach 10 Tagen Bebrütung der überraschend hohe Prozentsatz von 82 % an larvenhaltigen Eiern festgestellt werden. Das läßt darauf schließen, daß die Eier in der Anlage selbst eine unsichtbare Weiterentwicklung durchmachen, denn bei den Kontrollproben werden mindestens 15 - 20 Tage Bebrütungsdauer benötigt, um ähnlich hohe Prozentsätze zu erreichen. Nach 35 Tagen Aufenthalt unter optimalen Bedingungen waren 85 % der Ascarideneier bis zum Larvenstadium entwickelt. Das sind nur 8,5 % weniger, als bei den Kontrollproben beobachtet werden konnten.

Nach 1/2 Jahr Verweildauer im Schlamm unterscheidet sich das Ergebnis am Entnahmetag kaum. Jedoch gelangen jetzt nur noch 79 % der Eier nach einer 35-tägigen Bebrütungszeit zu einem invasionsreifen Stadium. Auch bei diesen Versuchen sind schon nach 10 Tagen Brutschrankaufenthalt 71 % der Eier embryoniert.

Auch 3/4 Jahr Lagerzeit im Trockenbeet schädigt die Spulwurmeier nur gering. Am Entnahmetag ist zwar eine klare Beurteilung der Eier nicht möglich, da viele Eier geschädigt scheinen, aber dennoch entwickeln sich nach einer 35-tägigen Bebrütungszeit 75 % der Eier zu invasionstüchtigen Larven. Vergleicht man dies mit dem Kontrollmaterial, so sind nur 18,5 % der Eier während ihrer Aufenthaltszeit im Trockenbeet so geschädigt worden, daß invasionsreife Larven sich nicht mehr entwickeln konnten.

Bei der Auszählung nach 13 Monaten im Schlamm, können am Entnahmetag bereits 8 % Morulaestadien und 17 % Vielzellstadien beobachtet werden. Bei 25% der Eier erfolgte also während der Lagerung im Trockenbeet eine deutliche Weiterentwicklung. Auch können hier schon nach 5 Tagen Bebrütungszeit 30 % Larvenstadien festgestellt werden. Nach einem 35-tägigen Aufenthalt unter optimalen Bedingungen erreichen 72 % der Eier das invasionstüchtige Larvenstadium. 23 % der Eier zeigten nach 35 Tagen Bebrütung überhaupt keine Weiterentwicklung, bzw. sind sie so geschädigt worden, daß eine Entwicklung nicht möglich war.

Bei der Entnahme der Proben aus dem Trockenbeet konnte in keinem Fall ein larvenhaltiges Ei beobachtet werden. Die Lebensbedingungen in diesem Trockenbeet blieben also offensichtlich über einen längeren Zeitraum hinweg nie derart, daß Larven sich hätten entwickeln können. Selbst nach 1 Jahr Aufenthalt in diesem Trockenbeet ist die Schädigungsquote so gering, daß dieser Schlamm

für eine Weiterverwertung als höchst gefährlich betrachtet werden muß. Vergleicht man diese Auswertungen mit denen des Kontrollmaterials, so sind selbst nach 1 Jahr nur 21,5 % der Ascaridenеier im stabilisierten Schlamm der Danjes - Anlage so geschädigt worden, daß sie bei Überführung in ein optimales Milieu nicht mehr in der Lage waren, sich zu invasionstüchtigen Larven zu entwickeln. Es kann hier gesagt werden, daß eine direkte Schädigung vom Schlamm der Danjes-Anlage nicht ausgeht, sondern daß nur negative Umweltbedingungen für eine Schädigung verantwortlich gemacht werden können. Eine Weiterverwendung des Schlammes der Danjes - Gegenstrombelebungsanlage nach Lagerung im Trockenbeet kann damit aus hygienischen Gründen nicht gestattet werden.

Bei den an weißen Mäusen durchgeführten Tierversuchen konnten in jedem Fall lebende Larven in den Leberquetschpräparaten beobachtet werden.

(Tabelle 5; graph. Darstellung 1, Seite 50)

Tabelle 5:

Die Ergebnisse der Entwicklung von Ascarideneiern bei Bebrütung nach 1/4, 1/2, 3/4 und 1 jähriger Aufenthaltszeit im Trockenbeet gefüllt mit Schlamm aus der Danjes-Gegenstrombelebungsanlage (in %).

Untersuchungen	Larven Aufenthalt (Jahr)				Morulae Aufenthalt (Jahr)				Vielz. Aufenthalt (Jahr)				nicht entw. Aufenthalt (Jahr)			
	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1
am Entnahmetag	0	0	0	0	0	0	0	8	2	3	3	17	98	97	97	75
nach 5 Bebrütungstagen	0	0	0	30	77	66	75	36	14	14	3	13	9	20	22	21
" 10 "	82	71	72	70	5	8	4	1	4	3	3	4	9	18	21	25
" 15 "	85	79	73	74	3	4	3	1	3	2	2	4	9	15	22	21
" 20 "	87	80	75	72	2	3	3	2	2	2	2	1	9	15	20	25
" 25 "	84	78	76	72	3	4	3	3	3	2	2	1	10	16	19	24
" 30 "	86	79	75	73	3	3	3	1	3	2	2	2	8	16	20	24
" 35 "	85	79	75	72	3	4	4	5	2	1	1	0	10	16	20	23

b) Denifloc - Anlage

Das Trockenbeet der Denifloc - Anlage wurde im Juli 1970 mit Ascarideneiern beschickt. Entnommen wurden die letzten Proben im September 1971.

Bei einem Aufenthalt von 1/4 Jahr im Trockenbeet der Denifloc - Anlage konnte nur eine geringe Weiterentwicklung der Ascarideneier beobachtet werden. 1 % der Eier erreichte bis zum Entnahmetag das Morulastadium. 9 % der Eier entwickelten sich zu Vielzellern. Nach 5 Bebrütungstagen ist der erstaunlich hohe Prozentsatz von 91 % an Morulaestadien zu erkennen. Nach 10 Tagen Bebrütung ist bereits ein maximaler Wert von 91 % embryonierter Eier erreicht. Selbst bei 35 Tagen Aufenthalt unter optimalen Lebensbedingungen erhöht sich die Anzahl der invasionsreifen Larvenstadien nicht mehr. Das sind nur 5 % weniger larventragende Eier als beim Kontrollmaterial ausgezählt werden konnte. 4,5 % der Eier zeigten überhaupt keine Entwicklung bzw. blieben bei Zwischenstadien in ihrer Entwicklung stehen.

Nach 1/2-jährigem Aufenthalt im Schlamm konnte bei dieser Anlage zum ersten Mal eine Weiterentwicklung der Eier bis zum Larvenstadium beobachtet werden. Nur 12 % der Eier waren am Entnahmetag überhaupt nicht differenziert. Im einzelnen wurden 34 % Larvenstadien, 36 % Morulaestadien und 18 % Vielzellstadien gezählt. Dies blieb die einzige Versuchsreihe bei der am Entnahmetag eine derartige Entwicklung festgestellt wurde. Nach

einer weiteren Bebrütung können sich 88 % dieser Spulwurmeier bis zum invasionsreifen Larvenstadium entwickeln. Verglichen mit dem Kontrollmaterial ergibt dies eine Schädigungsquote von 8 %. Die Proben, die 1/2 Jahr im Schlamm der Denifloc - Anlage verbracht hatten, sind somit ein deutliches Beispiel dafür, welch günstige Lebensbedingungen dieser Schlamm für Wurmeier darstellt.

Bei den Proben, die 3/4 Jahr im Trockenbeet verweilten, erreichte der Schlamm einen derartigen Trockenheitsgrad, daß alle Wurmeier vollkommen vertrockneten. Auch ein Aufenthalt von 35 Tagen unter optimalen Lebensbedingungen konnte keine invasionstüchtige Larve hervorbringen.

Ähnliches gilt für die Spulwurmeier, die 1 Jahr im Trockenbeet verbrachten. Es konnte ebenfalls nach einer 35-tägigen Bebrütungszeit kein Ei beobachtet werden, das sich bis zum Larvenstadium differenziert hatte.

Bei allen Untersuchungen blieben das die einzigen Proben, bei denen die Ascarideneier eine vollkommene Vernichtung erfuhren. Die Ursache dafür ist jedoch nur in den trockenen Umweltbedingungen zu suchen.

Bei den 1/4 und 1/2-jährig gelagerten Proben konnten bei den anschließend durchgeführten Tierversuchen in jedem Fall Larven in den Lebern der Mäuse beobachtet werden.

Da die Denifloc - Anlage bereits wenige Wochen nach

Versuchsbeginn außer Betrieb gesetzt wurde, konnte nur wenig Schlamm aus diesem Klärbecken herausgepumpt werden. Daher fiel die Schlammschicht im Laufe der Lagerung durch Austrocknung auf wenige cm zusammen, so daß das Trockenbeet von Sonne zeitweise voll durchwärmt wurde. Die Feuchtigkeit und die günstige Temperatur erklären den hohen Prozentsatz von Larven und anderen Entwicklungsstadien, die am Entnahmetag festgestellt wurden.

(Tabelle 6; graph. Darstellung 1, Seite 50)

Tabelle 6:

Die Ergebnisse der Entwicklung von Ascarideneiern bei Bebrütung nach 1/4, 1/2, 3/4 und 1 jähriger Aufenthaltszeit im Trockenbeet gefüllt mit Schlamm aus der Denifloc-Anlage (in %).

	Larven Aufenthalt (Jahr)				Morulae Aufenthalt (Jahr)				Vielz. Aufenthalt (Jahr)				nicht entw. Aufenthalt (Jahr)			
Untersuchungen	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1
am Entnahmetag	0	34	-	-	1	36	-	-	9	18	-	-	90	12	-	-
nach 5 Bebrütungstagen	0	81	-	-	91	8	-	-	2	3	-	-	7	8	-	-
" 10 "	92	90	-	-	5	2	-	-	1	3	-	-	2	5	-	-
" 15 "	93	88	-	-	3	4	-	-	3	1	-	-	1	7	-	-
" 20 "	92	89	-	-	3	2	-	-	0	1	-	-	5	8	-	-
" 25 "	91	88	-	-	4	3	-	-	1	2	-	-	4	7	-	-
" 30 "	92	87	-	-	4	4	-	-	1	2	-	-	3	7	-	-
" 35 "	91	88	-	-	4	2	-	-	1	1	-	-	4	9	-	-

Nach 3/4 und 1 jährigem Aufenthalt waren alle Eier vertrocknet.

c) Oxydationsgraben (Trockenbeet)

Die Eier von Ascaris suum wurden im Juli 1970 in das Trockenbeet des Oxydationsgrabens verbracht. Die letzte Eientnahme erfolgte im September 1971.

Bei der Beurteilung der Eier, die 1/4 Jahr im Trockenbeet lagen, werden am Entnahmetag 95 % nicht weiter entwickelte Eier festgestellt. Nach 10 Tagen Brutschrankaufenthalt haben sich 48 % der Eier bis zum Larvenstadium differenziert. Auch ein 35-tägiger Aufenthalt unter optimalen Lebensbedingungen ergibt keinen höheren Prozentsatz invasionsreifer Larven. Das sind 46 % weniger als bei den unter günstigsten Bedingungen gehaltenen Kontrollproben. 47 % der Spulwurmeier zeigten überhaupt keine Differenzierung.

Nach 1/2 Jahr Aufenthalt im Schlamm werden am Entnahmetag 50 % nicht weiter entwickelte Eier von Ascaris suum beobachtet. 22 % der Eier bildeten in der Anlage Larvenstadien aus. Bei einer anschließenden 35-tägigen Bebrütung erreichen 59 % das invasionsreife Larvenstadium. An 39 % der Eier ist keine Weiterentwicklung zu bemerken.

Während einer Verweildauer von einem 3/4 Jahr im Trockenbeet des Oxydationsgrabens gelangen 21 % der Eier zum Morulastadium und 4 % zum Vielzellstadium. Eine Bebrütung unter optimalen Bedingungen ergibt 49 % Larvenstadien. 48 % der Spulwurmeier zeigen auch jetzt keine Weiterentwicklung.

Bei den Proben, die 1 Jahr im Schlamm lagerten, entwickelten sich 91 % der Eier im Trockenbeet nicht weiter. Man hatte den Eindruck, daß alle Eier irreversibel geschädigt seien. Dennoch bringt ein Aufenthalt von 35 Tagen unter optimalen Lebensbedingungen 25 % invasionsreife Larven hervor. Verglichen mit dem Kontrollmaterial ergibt das eine Schädigungsquote von 69 %. Dies blieb bei allen mit Ascarideneiern durchgeführten Versuchen der höchste Prozentsatz geschädigter Wurmeier.

Dennoch konnten bei den durchgeführten Tierversuchen lebende Larven in den Leberquetschpräparaten nachgewiesen werden.

Eine Erklärung für den hohen Prozentsatz irreversibel geschädigter Spulwurmeier nach 1/4 Jahr Lagerzeit konnte nicht gefunden werden.

(Tabelle 7; graph. Darstellung 1, Seite 50)

Tabelle 7:

Die Ergebnisse der Entwicklung von Ascarideneiern bei Bebrütung nach 1/4, 1/2, 3/4 und 1 jähriger Aufenthaltszeit im Trockenbeet gefüllt mit Schlamm aus dem Oxydationsgraben (in %).

	Larven Aufenthalt (Jahr)				Morulae Aufenthalt (Jahr)				Vielz. Aufenthalt (Jahr)				nicht entw. Aufenthalt (Jahr)			
Untersuchungen	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1
Am Entnahmetag	0	22	0	4	0	25	21	2	5	3	4	3	95	50	75	91
Nach 5 Bebrütungstagen	4	48	27	10	44	14	17	15	3	3	2	5	49	35	54	70
10 "	48	57	46	24	3	3	2	5	2	0	1	2	47	40	51	69
15 "	49	58	48	26	4	2	2	4	1	2	0	0	46	38	50	70
20 "	48	60	49	25	5	1	3	3	0	0	1	1	47	39	47	71
25 "	47	59	48	25	5	0	3	4	1	1	0	1	47	40	49	70
30 "	47	58	48	24	4	2	4	3	3	1	0	2	46	39	48	71
35 "	48	59	49	25	4	2	3	4	1	0	0	0	47	39	48	71

d) Oxydationsgraben (Silo)

Das Silo des Oxydationsgrabens wurde ebenfalls im Juli 1970 mit Eiern von Ascaris suum beschickt. Die letzte Entnahme erfolgte im September 1971. Es ergaben sich bei diesen Versuchen interessante Vergleichswerte zu den im Trockenbeet durchgeführten Untersuchungen.

100 % der Spulwurmeier zeigen keine Weiterentwicklung nach 1/4 Jahr Aufenthalt im Silo des Oxydationsgrabens. Nach 10-tägiger Bebrütung entwickeln sich mit 67 % Larvenstadien deutlich weniger Eier bis zu diesem Stadium, als bisher bei den anderen Anlagen festgestellt werden konnte. Nach einer 35 tägigen Aufenthaltszeit unter optimalen Lebensbedingungen erreichen allerdings 93 % das invasionsreife Larvenstadium. Das sind nur 4 % weniger Larven, als bei den Kontrollversuchen beobachtet werden konnten.

Nach 1/2 Jahr Aufenthalt im Silo und einer anschließenden 10-tägigen Bebrütung entwickeln sich schon 88 % der Eier bis zum Larvenstadium. 89 % der Eier bringen invasionsreife Larven hervor, nachdem sie 35 Tage unter Brutschrankverhältnissen gelagert hatten. Im Vergleich zum Kontrollmaterial waren dies nur 8 % weniger. 7% der Eier zeigten auch nach einer Bebrütung keine Weiterentwicklung.

85 % der Spulwurmeier waren nach 3/4-jährigem Aufenthalt in der Anlage und einer anschließenden 35 tägigen Bebrütung fähig, invasionstüchtige Larven hervorzubringen.

Nach 1-jährigem Aufenthalt im Silo werden am Entnahmetag 100 % nicht entwickelte Wurmeier ausgezählt. Eine anschließende Lagerung unter optimalen Lebensbedingungen bringt 82 % embryonierter Spulwurmeier hervor. Verglichen mit dem Kontrollmaterial sind das nur 15 % weniger Larvenstadien, jedoch 57 % mehr als im Trockenbeet des Oxydationsgrabens beobachtet werden konnten.

Die jeweils durchgeführten Mäuseversuche waren positiv.

Vergleicht man die im Trockenbeet und im Silo mit Schlamm des Oxydationsgrabens durchgeführten Versuche, so ist einwandfrei zu erkennen, daß vom Schlamm keinerlei schädigende Einflüsse auf das Ei ausgehen. Es können nur ungünstige Umwelteinflüsse, die im Trockenbeet besser angreifen können, für die hohe Schädigungsquote in diesem Schlammlagerplatz verantwortlich gemacht werden. Im Silo sind die Wurmeier vor ungünstigen Witterungsverhältnissen bedeutend geschützter. Die Temperatur ist im Silo, das unter die Erde gebaut ist, über alle Jahreszeiten hinweg fast konstant. Die Ascarideneier befinden sich im stabilisierten Schlamm in einem Milieu, welches ihre Lebensfähigkeit geradezu garantiert. An den in das Silo verbrachten Ascarideneiern ist selbst nach 1-jähriger Lagerung nur eine geringe Schadwirkung festzustellen. Damit bietet sich das Silo geradezu an, Spulwurmeier für längere Zeit zu konservieren.

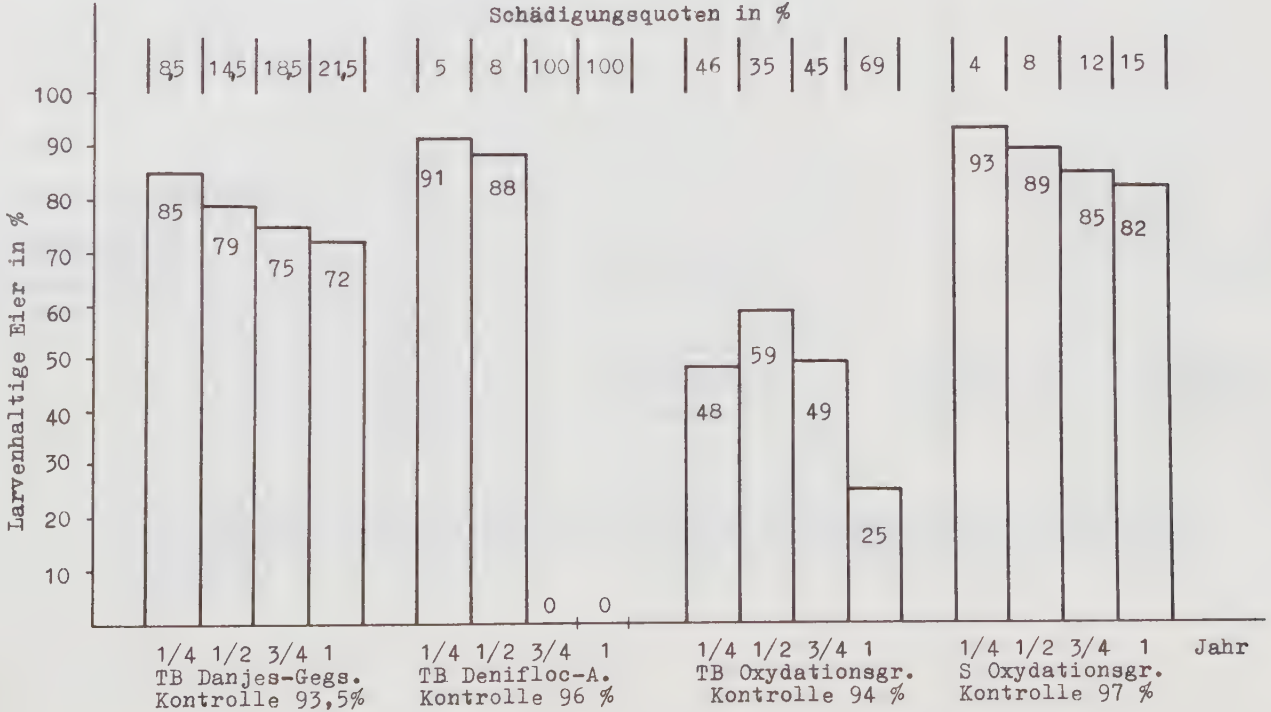
(Tabelle 8; graph. Darstellung 1, Seite 50)

Tabelle 8:

Die Ergebnisse der Entwicklung von Ascarideneiern bei Bebrütung nach 1/4, 1/2, 3/4 und 1 jähriger Aufenthaltszeit im Silo gefüllt mit Schlamm aus dem Oxydationsgraben (in %).

Untersuchungen	Larven Aufenthalt (Jahr)				Morulae Aufenthalt (Jahr)				Vielz. Aufenthalt (Jahr)				nicht entw. Aufenthalt (Jahr)			
	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1	1/4	1/2	3/4	1
am Entnahmetag	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	100	99	98	100
nach 5 Bebrütungstagen	0	0	1	4	61	72	63	57	21	20	17	19	18	8	19	20
" 10 "	67	88	84	83	21	3	4	2	5	0	4	0	7	9	8	15
" 15 "	92	89	85	82	2	3	2	1	1	0	1	1	5	8	12	16
" 20 "	93	89	84	81	3	2	2	2	0	2	1	2	4	7	13	15
" 25 "	92	90	87	82	3	3	3	3	0	0	0	0	5	7	10	15
" 30 "	91	90	86	80	4	2	4	3	1	0	1	1	4	8	9	16
" 35 "	93	89	85	82	3	3	2	3	0	1	1	0	4	7	12	15

Graphische Darstellung 1 : Die Entwicklungsrate und die Schädigungsquote bei der Larvenzüchtung mit Ascarideneiern nach 1/4; 1/2; 3/4; und 1-jähriger Lagerung im Schlamm. Die Schädigungsquote ist errechnet aus dem Prozentsatz der larvenhaltigen Eier bei den Kontrollproben und dem Prozentsatz larvenhaltiger Eier von den Proben, die entsprechende Lagerzeiten im Schlamm durchmachten (TB = Trockenbeet; S = Silo).

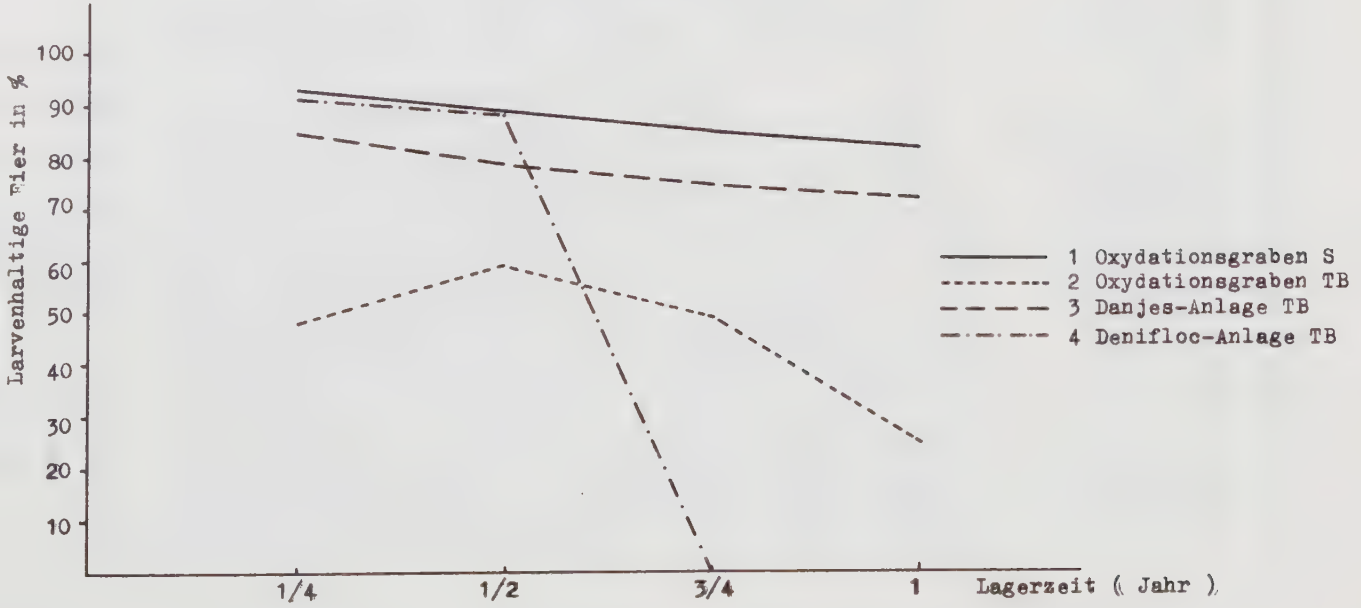


3. Vergleichende Darstellung der Larvenbildung

Auf der Abszisse der graphischen Darstellung 2 sind die verschiedenen Aufenthaltszeiten der Askarideneier in den einzelnen Anlagen aufgeführt. Die Prozentsätze der Eier, die Larven hervorbrachten, sind auf der Ordinate aufgetragen.

Bei einer Aufenthaltsdauer bis zu 1/4 Jahr laufen die Kurven für alle Anlagen fast parallel, das heißt, ein schädigender Einfluß auf die Wurmeier ist kaum festzustellen, da sich immer mehr als 80 % larvenhaltige Eier entwickeln. Lediglich die Kurve der Anlage 2 macht eine Ausnahme. Eine Erklärung für die sehr niedrige Larvenbildung nach 1/4 Jahr konnte nicht gefunden werden. Auch nach 1/2 Jahr Aufenthalt der Proben im Schlamm der einzelnen Anlagen ist das Bild noch sehr einheitlich. Nur in der Anlage 2 hat sich wiederum ein sehr geringer Prozentsatz zu larvenhaltigen Eiern entwickelt. Auch nach 3/4 Jahr ist noch kein bemerkenswerter Unterschied festzustellen. Bei der Anlage 4 konnten jedoch keine Eier mehr beobachtet werden, die in der Lage gewesen wären, Larven hervorzubringen. Die Ursache dafür ist in der vollkommenen Austrocknung des Schlammes zu suchen. Daraus folgt, daß unbedingt ein naß - feuchtes Milieu nötig ist, wenn Askarideneier sich nach langen Lagerzeiten noch entwickeln sollen. Nach 1 Jahr Schlammlagerung und anschließender Bebrütung werden immer noch sehr

Graphische Darstellung 2 : Vergleichende Darstellung der Larvenzüchtung mit Ascaridenеiern nach 1/4; 1/2; 3/4-und 1-jähriger Lagerung in Trockenbeeten bzw. im Silo (TB = Trockenbeet; S = Silo).



hohe Prozentsätze lebensfähiger Eier in den Anlagen 1 und 3 festgestellt. Hierbei fällt die Anlage 2 durch einen niederen Prozentsatz entwicklungsfähiger Eier auf. In den Anlagen 1 und 3 herrschte während der gesamten Lagerzeit optimale Feuchtigkeit. Der Schlamm der Anlage 2 dagegen trocknete immerhin so weit aus, daß nach 1 Jahr Grasbüschel auf dem Trockenbeet wachsen konnten. Daher kann man sagen, die Lebensfähigkeit der Spulwurmeier sinkt direkt proportional mit dem Austrocknungsgrad der Schlammlagerplätze. Die Ursache für die bessere Austrocknung des Schlammes im Trockenbeet des Oxydationsgrabens konnte geklärt werden. Es war festzustellen, daß die Drainage unter dem Trockenbeet des Oxydationsgrabens bedeutend günstiger war, als unter dem Trockenbeet der Danjes - Gegenstrombelebungsanlage. Der Boden unter dem Trockenbeet der Danjes - Anlage ist als lehmig bekannt.

Diese Versuche zeigen, daß es fast völlig unmöglich ist, Überschußschlamm auf Schlammlagerplätzen parasiteneierfrei zu machen. Außerdem würden die Lagerzeiten, die dazu nötig wären, unwirtschaftlich hoch sein.Eine andere Möglichkeit bietet sich jedoch an, nämlich den Schlamm so dünn auf Trockenbeeten auszulegen, daß er innerhalb kürzester Zeit vollkommen trocken ist. Eine erfolgreiche Abtötung der Wurmeier mittels dieser Methode setzt allerdings trockene Witterungsverhältnisse voraus. Dennoch muß auch hierbei noch mit Lagerzeiten von 5 - 6 Monaten gerechnet werden. Die Versuche im Trockenbeet der Denifloc - Anlage ergaben, daß der Schlamm, der in dieser Anlage äußerst dünn ausgelegt war, bereits nach 7 Monaten vollkommen vertrocknet war.

Das Silo muß als Schlammlagerplatz völlig abgelehnt werden, da hier ein Überleben der Ascarideneier geradezu garantiert ist.

2. T e i l : Untersuchungen mit Oesophagostomumeiern

4. Ergebnisse der Kontrollversuche

Für jede geprüfte Anlage wurden 3 Kontrollproben angesetzt. Die Kontrollproben wurden 2 Tage bei 29° C in den schon beschriebenen eingeschliffenen Objektträgern bebrütet. Es konnte festgestellt werden, daß sich bei den dünnschaligen Eiern von Oesophagostomum bedeutend höhere Prozentsätze der Eier zu freibeweglichen Larven entwickelten, als bei den dickschaligen Eiern von Ascaris suum. Es waren immer 96,5 % bis 99 % Larven, die nach 2 Bebrütungstagen schlüpften. Auch bei diesen dünnschaligen Eiern konnte beobachtet werden, daß die Kontrollproben zur Entwicklung bis zur Larve längere Zeit benötigten, als die Proben, die eine Passage durch einen Schlammlagerplatz mitmachten. So konnte mehrmals beobachtet werden, daß nach dem 1. Bebrütungstag noch über 30 % der Larven sich in der Eihülle befanden. Eine ähnliche Feststellung war bei den Proben, die im Schlamm gelagert hatten, nie zu treffen. Auch hier kann man also von einer unsichtbaren Weiterentwicklung der Eier in den Anlagen selbst sprechen. (Tabelle 9)

Bei Fehlbildungen traten jedoch immer nur Eier mit hellem oder dunklem Plasma auf. Eier mit blasigem

'Tabelle 9:

Durchschnittliche Bebrütungsergebnisse mit Oesophagostomumeiern zur Kontrolle der Versuche im Trockenbeet der Danjes-Gegenstrombelebungsanlage, im Trockenbeet des Oxydationsgrabens, im Silo des Oxydationsgrabens und Trockenbeet der Münchner Versuchsanlage (in %).

Kontrollmaterial für die Danjes-Anlage	LARVEN		UNGEFURCHTE EIER			GEFURCHTE EIER
	im Ei	freie	Krüppel	hell	dunkel	blasig	
Untersuchung am Ansatztag	0	0	0	0	0	0	100
" nach 1 Bebrüt.Tag	1	96	0	1	2	0	0
" " 2 "	0	96,5	0	1	2,5	0	0
Kontrollmaterial für den Oxydationsgraben (TB)							
Untersuchung am Ansatztag	0	0	0	0	0	0	100
" nach 1 Bebrüt.Tag	38	62	0	0	0	0	0
" " 2 "	0	98,5	0	0,5	1	0	0
Kontrollmaterial für den Oxydationsgraben (Silo)							
Untersuchung am Ansatztag	0	0	0	0	0	0	100
" nach 1 Bebrüt.Tag	32	66	0	0	2	0	0
" " 2 "	0	98	0	0	2	0	0
Kontrollmaterial für die Münchner Versuchsanlage							
Untersuchung am Ansatztag	0	0	0	0	0	0	100
" nach 1 Bebrüt.Tag	2	98	0	0	0	0	0
" " 2 "	0	99	0	1	0	0	0

Plasma oder gar Krüppelbildungen konnten in keinem Fall bei den Kontrollproben beobachtet werden. Krüppelbildungen und Eier mit blasigem Plasma müssen also Schädigungsarten sein, die durch eine Schlammlagerung verursacht werden.

5. Die Einwirkung der Schlämme auf die Entwicklungsfähigkeit von Oesophagostomumeiern

a) Danjes - Gegenstrombelebungsanlage

Die Eier von Oesophagostomen wurden am 19.11.1971 in das Trockenbeet der Danjes - Anlage eingebracht. Die letzte Entnahme erfolgte am 18.12.1971. Nach 1 Tag Aufenthalt können am Entnahmetag 92 % Eier mit Furchungskugeln beobachtet werden. Bei 8 % der Eier ist das Plasma dunkel verfärbt. Eine 2 tägige Bebrütung läßt 56 % freibewegliche Larven schlüpfen. Neben diesen normal aussehenden Larven werden zum 1. Mal mißgestaltete Larven festgestellt, in den Tabellen mit Krüppelbildungen bezeichnet. Bei 34 % der Eier hat sich das Plasma aufgehellt. Die Anzahl der Eier mit dunklem Plasma blieb über beide Bebrütungstage hinweg konstant.

Im Verlauf der weiteren Lagerzeit stellten sich Temperaturen unter dem Gefrierpunkt ein. Unter den Proben, die nach 6 Tagen Aufenthaltszeit entnommen werden, befinden sich 90 % Eier mit Furchungskugeln und 10 % Eier mit dunklem Plasma. Von diesen 90 % Eiern mit gefurchtem Plasma waren 34 % in der Lage, unter optimalen Bedingungen sich zu gutbeweglichen Larven zu entwickeln. Auch bei diesen Versuchen werden 2 % Krüppelbildungen festgestellt. Die Anzahl der Eier mit dunklem Plasma bleibt über beide Bebrütungstage hinweg konstant. Bei diesen Versuchen wird die Beobachtung gemacht, daß bereits am 2. Bebrütungstag sämtliche geschlüpfte Larven abgestorben sind.

1 % Oesophagostomumeier mit blasigem Plasma werden erstmalig nach einem Aufenthalt im Trockenbeet von 13 Tagen beobachtet. Eine Bebrütung läßt aus 18 % der Eier mit Furchungskugeln Larven schlüpfen. Das sind 80 % weniger als die Larvenzüchtung in den Kontrollproben ergab. Es steigt die Anzahl der Eier mit hellem Plasma auf 64 %, die der Eier mit dunklem Plasma auf 16 %. Am 2. Bebrütungstag kann beobachtet werden, daß sich vor allem die Eier mit hellem Plasma schon aufzulösen beginnen. Die Larven sind bereits abgestorben.

Nur noch 12 % der Eier von Oesophagostomen entwickeln sich nach 20 Tagen Aufenthalt im Schlamm und anschließender Bebrütung zu freibeweglichen Larven. Dafür ist der Prozentsatz der Eier mit hellem Plasma von 71 % sehr hoch.

Bei der Untersuchung am Entnahmetag nach 30 Tagen Schlammaufenthalt werden 47 % Eier mit dunklem Plasma und 53 % Eier mit Furchungskugeln ausgezählt. Nach einer anschließenden Bebrütung wird eine tote Krüppellarve beobachtet. 52 % der Eier hatten helles Plasma, die Anzahl der Eier mit dunklem Plasma blieb konstant. (Tabelle 10; graph. Darstellung 3, Seite 70)

In keinem Fall machten die Eier in der Anlage eine sichtbare Weiterentwicklung durch. Es konnte lediglich eine leicht beschleunigte Entwicklung nach einer Schlammlagerung festgestellt werden. Bei den Kontrollproben konnte man öfters beobachten, daß sich nach 1 Bebrütungstag noch Larven im Ei befanden. Bei den

Tabelle 10:

Der Einfluß des Aufenthaltes im Trockenbeet der Danjes-Anlage auf die Lebensfähigkeit von Oesophagostommumeiern nach verschieden langer Lagerung (1, 6, 13, 20 und 30 Tagen; Angaben in %).

Aufenthalt 1 Tag	im Ei	LARVEN freie	Krüppel	UNGEFURCHTE EIER hell	dunkel	blasig	GEFURCHTE EIER
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	8	0	92
" nach 1 Bebr.Tag	1	54	1	36	8	0	0
" " 2 "	0	56	1	34	9	0	0
Aufenthalt 6 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	10	0	90
" nach 1 Bebr.Tag	1	33	1	55	10	0	0
" " 2 "	0	34	2	54	10	0	0
Aufenthalt 13 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	16	1	83
" nach 1 Bebr.Tag	0	18	1	64	17	0	0
" " 2 "	0	18	1	64	16	1	0
Aufenthalt 20 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	17	0	83
" nach 1 Bebr.Tag	2	11	0	70	17	0	0
" " 2 "	0	12	1	71	16	0	0
Aufenthalt 30 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	47	0	53
" nach 1 Bebr.Tag	0	0	1	51	48	0	0
" " 2 "	0	0	1	52	47	0	0

Proben, die eine Passage durch die verschiedenen Anlagen durchmachten, war dies nie der Fall. Die Oesophagostomumeier machen in der Anlage also eine "stille" Weiterentwicklung durch,um sich dann beschleunigt zu differenzieren.

Eier mit hellem Plasma wurden grundsätzlich erst nach dem 1. Bebrütungstag gefunden; sie entwickeln sich also immer aus Eiern mit gefurchtem Plasma. Es ist daher anzunehmen, daß sie Eier darstellen, die bis zu einer bestimmten Entwicklungsstufe gelangen, durch eine vorhergegangene Schädigung aber bereits so gestört wurden, daß sie keine Larven mehr auszubilden vermögen.

b) Oxydationsgraben (Trockenbeet)

Das Trockenbeet des Oxydationsgrabens wurde am 26.10. 1971 mit Oesophagostomumeiern beschickt. Die letzte Entnahme erfolgte am 25.11.1971.

Am Entnahmetag, nach 1 Tag Aufenthalt im Trokkenbeet, fällt der hohe Prozentsatz von 25 % Eiern mit dunklem Plasma auf. Nach anschließender 2 tägiger Bebrütung unter optimalen Lebensbedingungen schlüpfen aus 75 % der Eiern mit Furchungskugeln 68 % freibewegliche Larven. Bei 9 % der Wurmeier hellt sich das Plasma auf. Nach 6 Tagen Schlammlagerung und anschließender Bebrütung schlüpfen 48 % freibewegliche Larven. Es kann nur 1 Krüppelbildung beobachtet werden. Der Anteil der Eier mit hellem Plasma steigt sehr hoch auf 35 % an.

Bei 13 Tagen Aufenthalt im Schlamm ist die Anzahl der Eier mit irreversiblen Schäden stark erhöht. Nur noch 30 % freibewegliche Larven bilden sich unter optimalen Lebensbedingungen aus.

Im Trockenbeet des Oxydationsgrabens sind nach 20 Tagen schon sämtliche Oesophagostomumeier so geschädigt, daß aus keinem Ei mehr eine Larve schlüpft. Bei diesen Versuchen wurden sowohl nach 1 als auch nach 2 Bebrütungstagen noch Eier mit Furchungskugeln gefunden. Diese Beobachtung konnte in keinem Fall wiederholt gemacht werden.

48 % Eier mit dunklem Plasma werden nach 30 Tagen

Schlammlagerung gezählt. Außerdem wurden 2 % Eier mit blasigem Plasma und 50 % Eier mit gefurchtem Plasma beobachtet. Auch nach einer Bebrütung ist kein Parasitenei mehr in der Lage, eine Larve hervorzubringen. Bereits nach 1 tägiger Bebrütung beginnen sich die Eier aufzulösen. Dies schloß eine weitere Beurteilung aus. (Tabelle 11; graph. Darstellung 3, Seite 70)

Bei der Larvenzüchtung der Kontrollversuche schlüpften aus 98,5 % der Eier freibewegliche Larven. Bei den Kontrollen konnten weder blasige oder helle Eier noch Krüppelbildungen festgestellt werden.

Tabelle 11:

Der Einfluß des Aufenthaltes im Trockenbeet des Oxydationsgrabens auf die Lebensfähigkeit von Oesophagostomumeiern nach verschieden langer Lagerung (1, 6, 13, 20 und 30 Tagen; Angaben in %).

	LARVEN		UNGEFURCHTE EIER			GEFURCHTE
Aufenthalt 1 Tag	im Ei	freie	Krüppel	hell	dunkel	blasig	EIER
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	25	0	75
" nach 1 Bebr.Tag	0	67	1	9	23	0	0
" " 2 "	0	68	0	9	23	0	0
Aufenthalt 6 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	11	0	89
" nach 1 Bebr.Tag	0	47	1	36	16	0	0
" " 2 "	0	48	1	35	16	0	0
Aufenthalt 13 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	14	1	85
" nach 1 Bebr.Tag	0	30	0	51	19	0	0
" " 2 "	0	30	1	50	18	1	0
Aufenthalt 20 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	77	0	23
" nach 1 Bebr.Tag	0	0	0	4	77	0	19
" " 2 "	0	0	0	4	75	0	21
Aufenthalt 30 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	48	2	30
" nach 1 Bebr.Tag	Keine Beurteilung möglich; Eier in Auslösung begriffen.						

c) Oxydationsgraben (Silo)

Das Silo des Oxydationsgrabens wurde am 9.11.1971 mit Eiern von Oesophagostomen beschickt. Die letzte Entnahme erfolgte am 9.12.1971. Auch bei dieser Versuchsreihe handelt es sich um den gleichen Schlamm, der schon im Trockenbeet verwendet wurde.

Es wurde festgestellt, daß die Ergebnisse von denen im Trockenbeet kaum abweichen. In keinem Fall konnten Wurmeier gefunden werden, die sich während ihres Aufenthaltes im Schlamm weiterentwickelt hatten. Die Larvenbildung sinkt von 1 Tag Verweildauer bis zu 30 Tagen Aufenthalt im Silo ständig ab.

Nach 1 Tag Lagerung und einer anschließenden Bebrütung schlüpfen 55 % Larven. Weiterhin werden 1 % Krüppellarven, 27 % Eier mit hellem Plasma und 17 % Eier mit dunklem Plasma beobachtet. Ähnliches war auch schon bei den Versuchen, die im Trockenbeet mit Schlamm aus dem Oxydationsgraben durchgeführt wurden, festzustellen.

Bei einer Lagerung von 6 Tagen im Silo wurden am Entnahmetag nur Eier mit Furchungskugeln und Eier mit dunklem Plasma gefunden. Eine anschließende Bebrütung bringt 49 % freibewegliche Larven hervor. Der Prozentsatz der Eier mit hellem Plasma steigt auf 33 %.

Nach einer 13-tägigen Aufenthaltszeit im Schlamm sinkt der Anteil der gefurchten Parasiteneier auf 68 % ab. Außerdem werden noch 1 % Eier mit blasigem Plasma beobachtet. Nachdem die Proben in ein opti-

males Milieu verbracht worden sind, schlüpfen noch 19 % freibewegliche Larven. Mit 3 % ist der Anteil der Krüppelbildungen besonders groß. Auch bei diesen Versuchen herrschten Temperaturen unter 0° C. Das Silo scheint die Eier jedoch zu schützen, wenn man dieses Ergebnis mit den im Trockenbeet durchgeführten Versuchen vergleicht.

Ein Aufenthalt von 20 Tagen und eine anschließende Bebrütungszeit zeigt, daß noch 5 % der Eier in der Lage sind, gutbewegliche Larven hervorzubringen. Jeweils 1 % Krüppelbildungen und 1% Eier mit blasigem Plasma werden bei diesen Versuchen beobachtet. Eier mit hellem Plasma waren zu 55 %, Eier mit dunklem Plasma zu 38 % vertreten.

Nach 30 Tagen Aufenthalt im Silo werden am Entnahmetag nur noch 15 % Eier mit Furchungskugeln gezählt. 2 % der Eier waren blasig entartet, und bei 83 % der Eier hatte sich das Plasma dunkel verfärbt. Selbst bei einer anschließenden Bebrütung schlüpfen aus keinem der 15 % gefurchten Eier Larven.

Auch bei diesen Versuchen begannen sich die meisten Eier schon nach 1-tägiger Bebrütung aufzulösen, so daß eine weitere Beurteilung unmöglich war. Die Kontrollproben entwickelten sich bei dieser Versuchsreihe im Durchschnitt zu 98 % zu Larven. Es wurden 2 % Eier mit dunklem Plasma gezählt.

(Tabelle 12; graph. Darstellung 3, Seite 70)

Tabelle 12:

Der Einfluß des Aufenthaltes im Silo des Oxydationsgrabens auf die Lebensfähigkeit von Oesophagostomumeiern nach verschieden langer Lagerung (1, 6, 13, 20 und 30 Tagen; Angaben in %).

		LARVEN		UNGEFURCHTE EIER			GEFURCHTE
Aufenthalt 1 Tag	im Ei	freie	Krüppel	hell	dunkel	blasig	EIER
Untersuchung am Entnahmetag	0	0	0	0	14	0	86
" nach 1 Bebr.Tag	0	52	1	27	20	0	0
" " 2 "	0	55	1	27	17	0	0
Aufenthalt 6 Tage							
Untersuchung am Entnahmetag	0	0	0	0	18	0	82
" nach 1 Bebr.Tag	1	49	0	32	18	0	0
" " 2 "	0	49	1	33	17	0	0
Aufenthalt 13 Tage							
Untersuchung am Entnahmetag	0	0	0	0	31	1	68
" nach 1 Bebr.Tag	0	18	3	47	32	0	0
" " 2 "	0	19	3	46	32	0	0
Aufenthalt 20 Tage							
Untersuchung am Entnahmetag	0	0	0	0	39	1	60
" nach 1 Bebr.Tag	0	4	0	56	39	1	0
" " 2 "	0	5	1	55	38	1	0
Aufenthalt 30 Tage							
Untersuchung am Entnahmetag	0	0	0	0	83	2	15
" nach 1 Bebr.Tag	0	0	0	14	84	2	0
" " 2 "			Eier in Auflösung.				

d) Münchner Versuchsanlage

Das Trockenbeet der Münchner Versuchsanlage wurde am 16.11.1971 mit Oesophagostomumeiern beschickt. Die letzte Entnahme erfolgte am 16.12.1971. Aus dieser Anlage wird täglich ein gewisser Teil Überschußschlamm abgelassen. Dieser belebte Schlamm ist sehr dünnflüssig. Daher sank der Schlamm auf dem Lagerplatz innerhalb kurzer Zeit zusammen.Dadurch waren diese Proben den Umwelteinflüssen besonders stark ausgesetzt.Eine zusätzliche Belastung stellte eine starke Frostperiode dar, die während der Versuchsdauer herrschte. Der Schlamm gefror während dieser Zeit vollkommen.

Am Entnahmetag wurden bei den Proben, die 1 Tag im Trockenbeet lagerten, 80 % Eier mit Furchungskugeln und 20 % Eier mit dunklem Plasma gezählt. Bei einer anschließenden Bebrütung entwickeln sich davon 61 % zu freibeweglichen Larven. 1 % der Eier bringen Krüppelbildungen hervor. Die Anzahl der Eier mit dunklem Plasma bleibt mit 19 % ziemlich konstant.Verglichen mit dem Kontrollmaterial, bei dem 99 % der Eier Larven hervorbrachten, ist hierbei schon eine Schädigungsquote von 39 % festzustellen. Bei einer weiteren Bebrütung dieser Proben kann man beobachten, daß sich sämtliche Eier auflösen und bereits nach 5 Tagen nur noch total zerfallene Larven vorhanden sind. Nach 6 Tagen Aufenthalt im Schlamm und einer Überführung der Proben in ein optimales Lebensmilieu schlüpfen nur noch 2 % Larven. Auffällig ist der sehr hohe Anteil Eier mit dunklem Plasma mit 42 %. Wahrscheinlich ist dieser hohe Anteil dunkler Eier

nach 6 Tagen Aufenthalt im Schlamm auf die sehr niedrigen Temperaturen bei -15° C, die während der Versuchsdauer herrschten, zurückzuführen.

Nach 13 Tagen Verweildauer im Schlamm werden am Entnahmetag sogar 62 % Eier mit dunklem Plasma gezählt. Nach einer 2-tägigen Bebrütung schlüpfen nur noch aus 1 % der Eier Larven.

Nach 20 Tagen Schlammlagerung und einer anschließenden Bebrütung werden weniger als 1 % geschlüpfte Larven beobachtet. Es fiel auch hier auf, daß bereits am 2. Bebrütungstag viele Eier vorhanden waren, die sich im Auflösungsstadium befanden.

Nach einem 30-tägigen Aufenthalt im Schlamm ist kein Ei mehr in der Lage, eine Larve hervorzubringen. Mit 73 % stechen die Eier mit dunklem Plasma hervor. (Tabelle 13; graph. Darstellung 3, Seite 70)

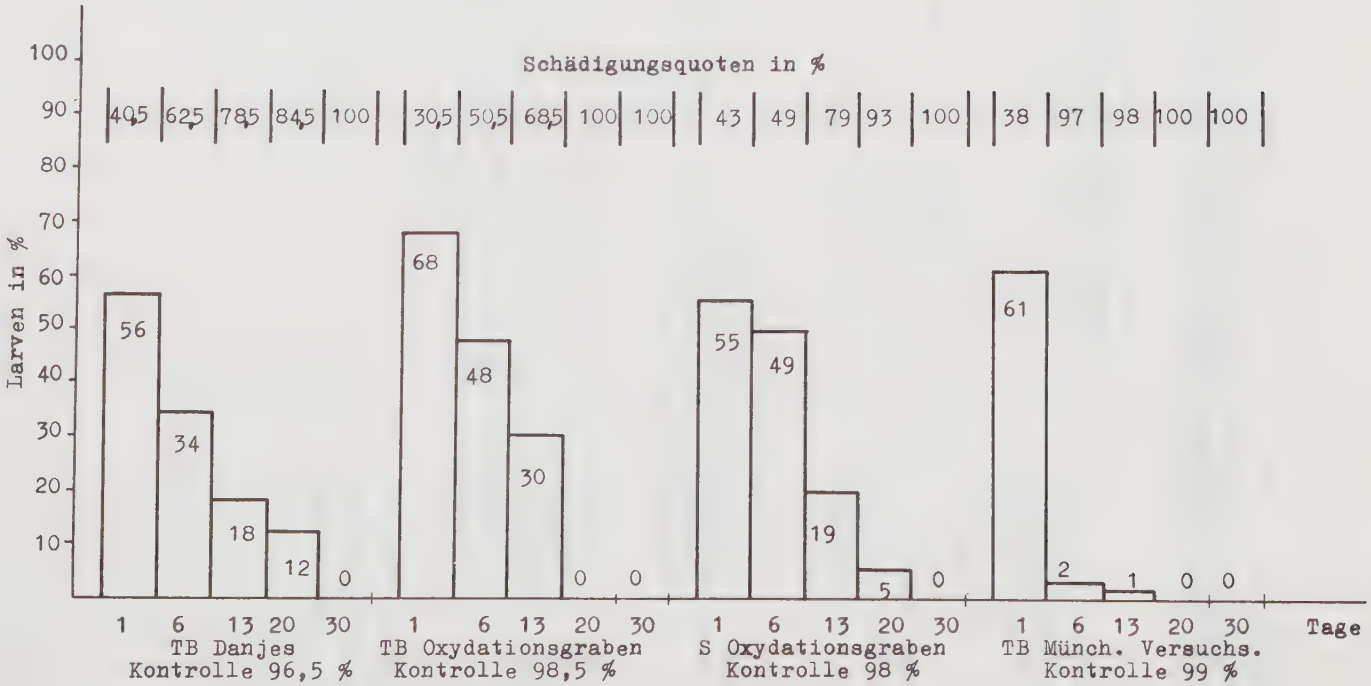
Die besonders geringe Larvenbildung, die bei all diesen Versuchen im Trockenbeet der Münchner Anlage auffällt, wird auf die niedrigen Temperaturen bei -15° C zurückgeführt. Weiterhin ist zu bemerken, daß bei einer Bebrütung der Proben sich die Eier besonders schnell auflösen.

Tabelle 13:

Der Einfluß des Aufenthaltes im Trockenbeet der Münchner Versuchsanlage auf die Lebensfähigkeit von Oesophagostomumeiern nach einer verschieden langen Lagerzeit (1, 6, 13, 20 und 30 Tagen; Angaben in %).

	LARVEN			UNGEFURCHTE EIER			GEFURCHTE
Aufenthalt 1 Tag	im Ei	freie	Krüppel	hell	dunkel	blasig	EIER
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	20	0	80
" nach 1 Bebr.Tag	0	62	0	18	20	0	0
" " 2 "	0	61	1	19	19	0	0
Aufenthalt 6 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	42	0	58
" nach 1 Bebr.Tag	0	2	0	56	42	0	0
" " 2 "	0	2	1	55	42	0	0
Aufenthalt 13 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	62	0	38
" nach 1 Bebr.Tag	0	1	0	37	62	0	0
" " 2 "	0	1	0	36	62	1	0
Aufenthalt 20 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	43	1	56
" nach 1 Bebr.Tag	0	1	0	55	43	1	0
" " 2 "	0	1	0	54	44	1	0
Aufenthalt 30 Tage							
Unters. am Entnahmetag	0	0	0	0	72	0	28
" nach 1 Bebr.Tag	0	0	0	26	73	1	0
" " 2 "	0	0	0	26	73	1	0

Graphische Darstellung 3 : Die Entwicklungsrate und die Schädigungsquote bei der Larvenzüchtung mit Oesophagostomumeiern nach 1, 6, 13, 20 und 30-tägiger Lagerung im Schlamm. Die Schädigungsquote ist errechnet aus dem Prozentsatz der geschlüpften Larven von den Kontrollproben und dem Prozentsatz geschlüpfter Larven von den Proben, die entsprechende Lagerzeiten im Schlamm durchmachten (TB = Trockenbeet; S = Silo).

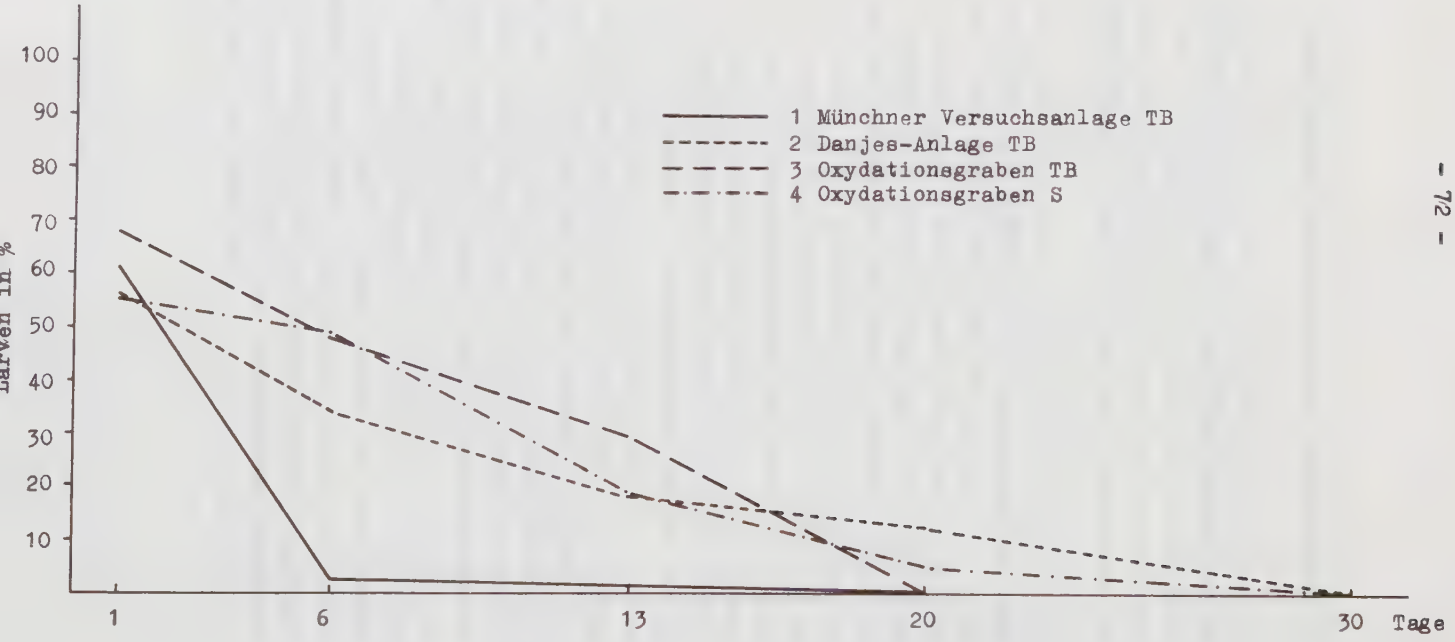


6. Vergleichende Darstellung der Larvenbildung

Auf der Abszisse der graphischen Darstellung 4 ist die Anzahl der Tage des Aufenthaltes in den einzelnen Schlammlagerplätzen aufgeführt. Die Prozentsätze der Eier, die freibewegliche Larven hervorbrachten, sind auf der Ordinate aufgetragen.

Nach 1 Tag Aufenthalt im Schlamm sinkt die Anzahl der Eier, aus denen noch Larven schlüpfen, bereits auf 50 - 70 %. Es ist deutlich zu erkennen, daß diese dünnschaligen Wurmeier schon innerhalb kürzester Zeit einen großen Teil ihrer Lebensfähigkeit einbüßen. Dabei ist bei keiner Anlage ein besonders hervorstechender, schädigender Einfluß festzustellen. Nach 6 Tagen fällt die Kurve 1 bis auf 2 % Larvenbildungen ab. Die Ursache dafür ist in den tiefen Temperaturen zu suchen, die bei diesen Versuchen herrschten. So gefror der Schlamm in diesen Trockenbeeten vollkommen. Bei den Kurven 2, 3 und 4 sinkt der Prozentsatz der Eier, die nach 6 Tagen noch in der Lage sind, freibewegliche Larven hervorzubringen, gleichmäßig auf 30 - 50 % ab. Auch nach 13 Tagen Aufenthalt verlaufen die Kurven der graphischen Darstellung noch relativ einheitlich. Die Larvenentwicklung sinkt bei den Anlagen 2,3 und 4 gleichmäßig auf 15 - 30 % ab. Lediglich die Anlage 1 bringt noch 1 % Larven. Nach 20 Tagen schlüpft keine Larve mehr aus den Eiern, die in der Anlage 1 lagerten. Aus den Eiern, die in die Anlagen 2,3 und 4 verbracht worden waren, schlüpften immer noch 5 - 15 % Larven. Nach 30 Tagen Aufenthalt im Schlamm

Graphische Darstellung 4 : Vergleichende Darstellung der Larvenzüchtung mit Oesophagostomum-eiern nach 1, 6, 13, 20 und 30-tägiger Lagerung in Trockenbeeten bzw. im Silo (TB = Trockenbeet ; S = Silo).



sind sämtliche Proben so geschädigt, daß auch nach einer Bebrütung in keinem Fall eine Larve beobachtet werden konnte. Das beweist, daß die Lebensfähigkeit dünnschaliger Wurmeier der Gattung Oesophagostomum bedeutend geringer ist, als die der dickschaligen Spulwurmeier. In allen Trockenbeeten und im Silo ergab sich ein völlig einheitliches Bild über den ständigen Abfall der Entwicklungsfähigkeit mit zunehmender Verweildauer.

In keiner Anlage machten die Eier eine sichtbare Weiterentwicklung durch. Es konnte lediglich eine leicht beschleunigte Entwicklung nach einem Aufenthalt im Schlamm festgestellt werden, die ja auch schon bei Ascarideneiern beobachtet wurde.

Weiterhin kann gesagt werden, daß die Eier von Oesophagostomen im Silo gleichermaßen geschädigt wurden wie im Trockenbeet. Eine Schutzwirkung des Schlammes, wie sie bei Ascarideneiern, die im Silo lagerten, beobachtet wurde, konnte bei den Versuchen mit Oesophagostomumeiern nicht bemerkt werden.

IV. Diskussion der Ergebnisse

Jeweils 4 Schlammlagerplätze von Belebtschlammanlagen wurden mit Eiern der Schweinenematoden Ascaris und Oesophagostomum im Hinblick auf ihren wurmeierabtötenden Effekt bis über 1 Jahr geprüft. Bei 13 monatiger Aufenthaltszeit war kein Trockenbeet bzw. Silo in der Lage, alle Ascarideneier abzutöten. Auf allen Schlammlagerplätzen finden Spulwurmeier ideale Lebensbedingungen vor, die ihre Lebensfähigkeit geradezu garantieren, nämlich Feuchtigkeit und Sauerstoff. Lediglich die Temperatur stellt während der verschiedenen Jahreszeiten eine extreme Belastung dar. Es bestätigt jedoch die Feststellung von FORSTNER (1961), der zeigt, daß ein Teil der Ascarideneier ohne Schaden zu nehmen überwintern kann. Dabei ist der Versuch mit Spulwurmeiern im Silo mit Schlamm des Oxydationsgrabens besonders bemerkenswert. Hier entwickeln sich nach vierteljährlicher Lagerung 93 % der Eier zu Larven, das sind nur 4 % weniger als beim Kontrollmaterial. Nach dreizehnmonatigem Aufenthalt und 35 tägiger Bebrütung erreichen immer noch 82 % der Eier das Larvenstadium. Das Milieu des stabilisierten Schlammes ist also für die Erhaltung der Spulwurmeier nahezu optimal beschaffen. Das Silo, mit stabilisiertem Schlamm gefüllt, bietet sich damit sogar als Möglichkeit an, um Ascarideneier über längere Zeiträume hinweg zu konservieren. Erklären läßt sich diese hohe Überlebensfähigkeit durch die optimale Feuchtigkeit, die Anwesenheit von Sauerstoff und die über

das ganze Jahr hinweg fast gleichbleibende Temperatur im Silo. Dies bekräftigt auch die Annahme, daß vom stabilisierten Schlamm keinerlei Schadwirkung auf das Ei ausgeht, sondern daß lediglich die langen Aufenthaltszeiten der Eier im Schlamm und die verschiedenen extremen Witterungs- und Umweltseinflüsse Schädigungen verursachen. Ebenso bestätigt der Versuch mit Wurmeiern im Silo, daß dünnschalige Eier bedeutend empfindlicher sind und allein schon durch kurze Lagerzeiten restlos vernichtet werden können, denn die Eier von Oesophagostomum zeigten im Silo keinerlei größere Überlebensfähigkeit als im Trockenbeet. Die niedrigste Entwicklungsrate von nur 25 % der Spulwurmeier konnte im Trockenbeet des Oxydationsgrabens nach 13 monatigem Aufenthalt festgestellt werden. Im Trockenbeet der Danjes - Anlage entwickeln sich nach 1 Jahr immer noch 72 % der Eier zu Larven. Die Ursache dafür ist nicht in der Zusammensetzung des Schlammes zu suchen, sondern in der unterschiedlichen Austrocknung der Trockenbeete. So wuchs nach 1 Jahr auf dem Trockenbeet des Oxydationsgrabens teilweise schon Gras, während das Trockenbeet der Danjes - Anlage immer noch einen naß - feuchten Charakter hatten. Die Schädigung im Trockenbeet des Oxydationsgrabens ist vermutlich auf mangelnde Feuchtigkeit zurückzuführen. Eine Beurteilung der Eier im Trockenbeet der Denifloc-Anlage nach 1 Jahr scheidet aus, da das Beet bereits nach 3/4 Jahr vollkommen vertrocknet war und somit auch die Spulwurmeier. Dagegen konnten in dieser Anlage nach 1/2 Jahr larvenhaltige Eier festgestellt werden. In diesem Trockenbeet befand sich nur wenig Schlamm, und daher war bei hochsommerlichen

Temperaturen eine gute Durchwärmung des Trockenbeetes möglich. Das beweist, daß sich Spulwurmeier im stabilisierten Schlamm bei Sauerstoffanwesenheit, Feuchtigkeit und optimaler Temperatur durchaus bis zur Invasionsreife entwickeln können und somit bei einer Düngung mit diesem Schlamm eine besondere Gefahr für Mensch und Tier darstellen. Es konnte keine für eine bestimmte Anlage spezifische Schädigung der Wurmeier beobachtet werden. Der totale Verlust der Struktur des Plasmas, eine vollkommene Veränderung der Eioberfläche und ein fast totaler Verfall des Spulwurmeis konnten als Auswirkung des Zeitfaktors bei den Proben festgestellt werden, die einen längeren Aufenthalt als 3/4 Jahr in den Anlagen durchmachten. Diese Arten von Schäden verteilen sich jedoch gleichmäßig auf sämtliche Trokkenbeete.

Ähnliches gilt für die Versuche mit Eiern von Oesophagostomum. Es ist nicht zu erkennen, daß bestimmte Anlagen spezifische Schädigungen hervorrufen. Krüppelbildungen (Abb. 1, Seite 79) treten nach einer Bebrütung am häufigsten im Trockenbeet der Danjes - Anlage und im Silo des Oxydationsgrabens auf. Fast nie, oder selten, werden Krüppelbildungen im Trockenbeet der Münchner Versuchsanlage und im Trockenbeet des Oxydationsgrabens beobachtet.

Auch in der Länge der verschiedenen Aufenthaltszeiten der Wurmeier ist die Ursache für diese Mißbildungen nicht zu suchen, denn nach 1-tägiger Lagerung, wie nach 30-tägiger Verweildauer, in den

verschiedenen Anlagen bleibt die Anzahl der Mißbildungen gleich. In den Kontrollversuchen konnte dagegen in keinem Fall eine Mißbildung der Larven beobachtet werden.

Ein ursächlicher Zusammenhang mit der Länge der Lagerzeit ist jedoch bei den Eiern mit hellem Plasma (Abb. 2, Seite 79) zu erkennen. So steigt die Anzahl der Eier mit hellem Plasma proportional zur Aufenthaltszeit der Parasiteneier auf den Schlammlagerplätzen. Eier mit hellem Plasma wurden grundsätzlich erst nach dem ersten Bebrütungstag beobachtet, das heißt, sie entwickelten sich immer aus Eiern mit Furchungskugeln. Es ist daher anzunehmen, daß sie Eier darstellen, die sich bis zu einem bestimmten Stadium entwickelten, dann aber auf Grund einer vorhergegangenen Noxe sich nicht weiter differenzierten. Einige Male wurden auch Eier mit blasigem Plasma (Abb. 3, Seite 80) gefunden. Diese Schädigungsart konnte ebenfalls nicht auf eine bestimmte Anlage oder auf eine entsprechende Aufenthaltszeit zurückgeführt werden.

Während der Versuche mit Eiern von Oesophagostonum herrschten Temperaturen von +15° C bis - 15° C. So gefror der Schlamm im Silo z.B. überhaupt nicht, während sich auf dem Schlamm des Trockenbeetes der Danjes - Anlage und des Oxydationsgrabens nur oberflächlich Eis bildete. Dagegen vereiste der Schlamm der sog. Münchner Versuchsanlage vollkommen und damit auch die Perlongazebeutel mit Parasiteneiern. Darin ist die direkte

Ursache für die geringe Larvenbildung von 2 % nach 6 Tagen und nur 1 % nach 13 Tagen bei diesen Proben zu suchen. Während die Wurmeier in den nur oberflächlich gefrorenen Trockenbeeten sich normal weiterentwickelten, stieg die Anzahl der Fehlbildungen im Trockenbeet der Münchner Versuchsanlage schlagartig an.

Dabei konnte jedoch festgestellt werden, daß die Wurmeier, die unter Frosteinwirkung standen, keine außergewöhnlichen morphologisch erfaßbare Schäden zeigten. Die Annahme, daß Wurmeier in Eis zum Platzen gebracht würden, kann somit nicht bestätigt werden.

Bei diesem Versuch fiel der besonders hohe Prozentsatz der Eier mit dunklem Plasma auf. Diese Schädigungsart konnte immer bereits am Entnahmetag der Proben beobachtet werden. Ein ursächlicher Zusammenhang mit der Verweildauer der Proben im Schlamm war zu erkennen. Als Erklärung dafür könnte der allmähliche Wasserverlust des Schlammes beim Eingefrieren des Trockenbeetes verantwortlich gemacht werden, da nach dem Übergang in die feste Eisform den Wurmeiern ja kein flüssiges Wasser mehr zur Verfügung steht und somit Austrocknungserscheinungen auftreten könnten. Als weitere Ursache dieser Schädigung käme eventuell noch die Kälteeinwirkung selbst in Frage.

Weiterhin konnte bei allen aus dem Schlamm entnommenen Eiern von Oesophagostomum, auch bei den entwicklungsfähigen, festgestellt werden, daß sich diese nach einer weiteren Bebrütung spätestens nach 6 Tagen auflösten. (Abb. 4, Seite 80). Die

Abb. 1: Verkrüppelte Oesophagostomumlarve, die im Begriff ist, sich aufzulösen
400 : 1; Orig.

Abb. 2: Oesophagostomumlarve, Wurmei mit hellem Plasma, Wurmei mit dunklem Plasma
340 : 1; Orig.

Abb. 3: Blasig entartetes Oesophagostomumei
940 : 1; Orig.

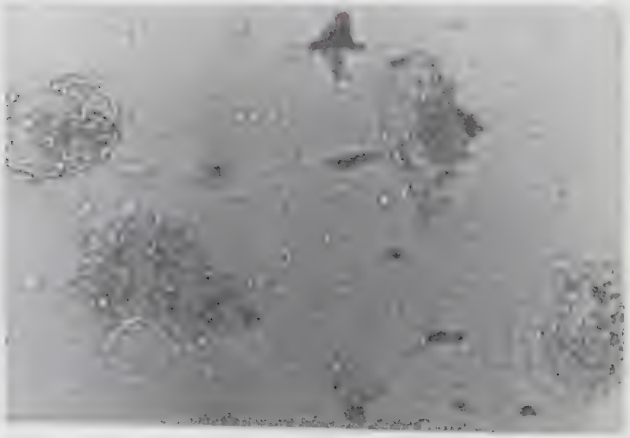


Abb. 4: Sich auflösende Oesophagostomumeier
340 : 1; Orig.

Auflösung trat umso früher ein, je länger die Eier im Schlamm gelagert hatten. So begannen sich die Eier, die 30 Tage im Schlammtrockenbeet des Oxydationsgrabens gelagert hatten, bereits nach dem 1. Bebrütungstag aufzulösen.

Weiterhin lassen diese Versuche vermuten, daß die Eier von Oesophagostomen auf Grund ihrer kurzen Lebensdauer mit ziemlicher Gewißheit bereits in den Klärsystemen selbst abgetötet werden und somit nicht auf Schlammlagerplätze gelangen.

Allgemein kann gesagt werden, daß die Lebensfähigkeit der dünnschaligen Oesophagostomumeier proportional zur Aufenthaltszeit im Schlamm abnimmt. Nach 30-tägiger Lagerzeit im Trockenbeet sind sämtliche Eier vernichtet. Dies gilt für alle geprüften Schlammlagerplätze.

Vergleicht man diese Ergebnisse mit denen von GÜNTHÖR (1970), der die Lebensfähigkeit von Ascarideneiern in den Belebtschlammanlagen selbst über eine Zeitspanne von maximal 4 Monaten prüfte, so kann man sagen, daß Wurmeier in den Klärsystemen selbst bedeutend mehr geschädigt werden; daß aber auch eine anschließende Lagerung des Schlammes auf Schlammlagerplätzen über 13 Monate lang keine sichere Abtötung aller Parasiteneier gewährleistet. Daher muß die Nachbehandlung des Schlammes aus Belebungsanlagen im Trockenbeet als hygienisch nicht vertretbar angesehen werden. Von einer Verwendung solchen Schlammes zur Düngung in der Landwirtschaft sollte man daher unbedingt absehen. Vor einer Nützung in der

Landwirtschaft müssen solche Schlämme auf jeden Fall einer Behandlung unterzogen werden, die eine sichere Abtötung sämtlicher Parasiteneier gewährleistet.

Während dieser Untersuchungen konnte wiederholt festgestellt werden, daß eine sichere Vernichtungsmethode der Wurmeier die Austrocknung darstellt.

Neben vielen anderen Autoren berichtet RENNER (1951) über Versuche mit vollkommen lufttrockenem Klärschlamm, in dem schon nach 6 wöchiger Trockenheit sämtliche Wurmeier abgestorben sind. SEISER (1949), STROH (1961), LIEBMANN (1966), MUDRACK (1966) und FORSTNER (1970/2) berichten, daß durch Hitzesterilisation bzw. Schlammpasteurisierung eine sichere Abtötung der Wurmeier zu erzielen ist. Weiterhin wäre die Vernichtung der Wurmeier durch die Kompostierung des Schlammes mit Hausmüll oder landwirtschaftlichen Abfällen in Kompostwerken möglich. Eine ebenfalls völlige Vernichtung wird durch die Abtötung der Wurmeier mit radioaktiven - bzw. Röntgenstrahlen erreicht. Allerdings sind entsprechende Strahlungsquellen heute noch zu teuer, da sehr hohe Dosen erforderlich wären, um einen Erfolg zu garantieren. Dies geht aus Untersuchungen hervor, die in den letzten Jahren durchgeführt worden sind.

V. ZUSAMMENFASSUNG

1. Es wurde der Einfluß von jeweils 4 Schlammlagerplätzen verschiedener nach dem Belebungsverfahren arbeitender Abwasserkläranlagen auf die Lebensfähigkeit von Eiern der Ascariden und Oesophagostomen des Schweines geprüft.

2. Die Eier von Ascaris suum verweilten bis zu 13 Monaten im Schlamm, die von Oesophagostomum spp. maximal 30 Tage.

3. Nach 13 Monaten Aufenthalt im Trockenbeet des Oxydationsgrabens wurden maximal 75 % der Spulwurmeier so geschädigt, daß eine Weiterentwicklung nicht mehr möglich war.

4. Im Siloschlamm des Oxydationsgrabens entwickeln sich nach 1 Jahr Aufenthalt immer noch 82 % der Ascarideneier zu larvenhaltigen Eiern. Damit eignet sich der Siloschlamm des Oxydationsgrabens, um Spulwurmeier für längere Zeit lebend zu konservieren.

5. Nach der üblichen Lagerzeit des Schlammes von 3 Monaten auf Trockenbeeten werden Spulwurmeier fast nicht geschädigt. Im Durchschnitt schließen noch mehr als 8o % der Eier ihre Entwicklung nach dieser Lagerzeit ab.

6. Temperaturen von - 15° C für mehrere Tage schädigen Ascarideneier unbedeutend. Oesophagostomumeier gehen zugrunde, wenn sie zusammen mit dem Schlamm gefrieren.

7. Spulwurmeier erfahren auf Schlammlagerplätzen lediglich eine reversible Entwicklungshemmung. Sie vollenden ihre Entwicklung beschleunigt, wenn sie anschließend in günstige Umweltverhältnisse gelangen.

8. Oesophagostomumeier überleben vereinzelt eine Lagerzeit von 20 Tagen im Schlamm. Nach 30 Tagen Aufenthalt im Trockenbeet bzw. im Silo werden sie zu 100 % abgetötet.

9. Soll aus Belebungsanlagen auf Schlammlagerplätze verbrachter Schlamm landwirtschaftlich genutzt werden, ist er zuvor einer Behandlung zu unterziehen, die eine Vernichtung sämtlicher Wurmeier sicherstellt. Hierzu eignen sich Verfahren, bei denen der Schlamm völlig austrocknet, ferner solche mit hoher Temperaturentwicklung wie die Schlammpasteurisierung, die Schlammsterilisation und die gemeinsame Kompostierung mit Hausmüll oder landwirtschaftlichen Abfällen. Auch radioaktive Strahlungsquellen können zur Schlammhygienisierung eingesetzt werden, deren Kosten allerdings derzeit noch nicht vertretbar sind.

SUMMARY

1. Sludge of biological sewage plants was put into 4 sludge depots. This sludge was examined for his harmful influence on eggs of Ascaris suum and Oesophagostomum spp.

2. The eggs of Ascaris suum were up to 13 months in the sludge, those of Oesophagostomum up to 30 days maximal.

3. Having remained in the sludge drying bed of bio-oxydation channel for 13 months 75 % of the eggs of Ascaris were impaired to such a degree that further development proved to be impossible.

4. After one year detention time in the sludge - silo of the bio - oxydation channel still 82 % of the eggs of Ascaris suum produced eggs containing larvae. Therefore the sludge of the silo showed to be useful to keep the eggs of Ascaris suum alive for a longer space of time.

5. After 3 months which is the usual detention time of the sludge on sludge drying beds only a few of the eggs of Ascaris suum are killed. After this detention time more than 80 % of the eggs are able to finish their development.

6. Temperatures of -15° C for some days bring only an insignificant damage for eggs of Ascaris suum. Eggs of Oesophagostomum are killed if they are frozen within the sludge.

7. Put into sludge drying beds eggs of Ascaris suum get only a reversible inhibition effect on their development. If the eggs find favourable environmental conditions the development will be prematurely completed.

8. Some eggs of Oesophagostomum are still alive after a detention time of 20 days in the sludge. After a detention time of 30 days in the sludge 100 % of the eggs of Oesophagostomum are killed.

9. Sludge originating from sludge drying beds and sludge silos needs to undergo a treatment which safeguards the killing of the worm eggs, if one wants to use those sludges for agricultural purpose. If sludge from activation plants which is taken on sludge drying beds will be used for agricultural purpose it must pass a treatment which guaranted the distruction of all worm eggs. Therefore methods are qualified where sludge will be totaly dry, and such with a high development of temperature, such as pasteurising of sludge, sterilisation of sludge and the composting together with refuse and agricultural waste materials. For receiving a sterile sludge there can be constituted also atomic radiation but costs therefore till now are not justifiable.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. BERGSTERMANN, H., MENDHEIM, H. u. SCHEID, G.

Die parasitischen Würmer des Menschen in Europa.
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart, 1951

2. BHOWMICK, D.K.

Beiträge zu dem Problem der Wanderwege der Askaridenlarven (Ascaris lumbricoides, Linnè 1758 und Toxocara canis, Werner 1782) im experimentellen und natürlichen Wirt.
Z. Parasitenk. 24, 121 - 168, 1964

3. BILLIB, H.

Vermurmung (Ascaridiasis) und landwirtschaftliche Abwasserverwertung.
Wasser und Boden 1, 26 - 29, 1949

4. BORCHERT, A.

Lehrbuch der Parasitologie für Tierärzte.
4. Aufl. S. Hirzel Verlag, Leipzig 1970

5. BRUNNER, G.

Die Widerstandsfähigkeit von Enteritisbakterien gegen die Klärschlammfäulnis und gegen das Eintrocknen in ausgefaultem Schlamm.
Gesundh. - Ing. 73, 19 - 21, 1952

6. ENIGK, K., HILDEBRANDT, J. u. TIETJEN, C.

Die Lebensdauer von Helmintheneiern und -larven in Schwemmist.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 78, 102 - 106, 1965

7. EYER, H.

Hygienische Probleme bei der Beseitigung von Krankenhausabwässern.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg München - Wien 8, 209 - 221, 1961

8. EYER, H.

Hygienische Probleme bei der Klärschlamm- und Müllverwertung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg München - Wien 13, 25 - 44, 1966

9. FIEGEL, B.

Die Wirkung von Aktivchlor auf Wurmeier und Wurmlarven.
Vet. - med. Diss. München, 1954

10. FORSTNER, M.J.

Parasitologische Untersuchungen an der Kläranlage Mindelheim zur Beurteilung des Wurmbefalls von Weiderindern des Abwasserverregnungsgebietes.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 73, 161 - 164, 1960

11. FORSTNER, M.J.

Wurmeier im Schlachthofabwasser und ihre hygienische Bedeutung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien 8, 83 - 94, 1961

12. FORSTNER, M.J.

Untersuchungen über die Lebensfähigkeit von Wurmeiern in landwirtschaftlich genutzten Abwasserschlämmen aus beheizten Faultürmen.
Z. Wasser- u. Abwasser - Forsch. 1, 57 - 61, 1968/1

13. FORSTNER, M.J.

Landwirtschaftliche Abwasserverwertung - ein gemeinsames Problem.
Z. Wasser- und Abwasser - Forsch. 1, 149 - 150, 1968/2

14. FORSTNER, M.J.

Untersuchungen über den Einfluß der anaeroben Schlammfaulung im Emscherbecken zentraler Kläranlagen auf die Entwicklungsfähigkeit von Wurmeiern.
Z. Wasser- und Abwasser - Forsch. 3, 57 - 58, 1970/1

15. FORSTNER, M.J.

Der Einfluß von Abwasser, Schwemmist und Kompostierung auf die Lebensfähigkeit parasitärer Vermehrungsstadien.
Z. Wasser- und Abwasser - Forsch. 3, 167 - 184, 1970/2

16. FORSTNER, M.J.

Die Feststellung der Ansteckungsfähigkeit von Wurmeiern in Abwasserkläranlagen mit Hilfe morphologischer Kriterien und des Tierversuchs; Möglichkeiten zur Standardisierung der Methoden.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 19, 114 - 128, 1971

17. FORSTNER, M.J. u. SCHÄTZLE, M.

Vorschlag für eine Standardmethode zur Beurteilung der wurmeierabtötenden Wirkung von Abwasserkläranlagen.
Münchener Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 58 - 71, 1966

18. GÄRTNER, H. u. MÜTING, L.

Beitrag zur Verbreitung der Wurmkrankheiten.
Dtsch. med. Wschr. 74, 881 - 883, 1949

19. GÄRTNER, H. u. MÜTING, L.

Beitrag zur Frage der Lebensdauer von Askarideneiern im Rieselfeldboden.
Z. Hyg. 132, 244 - 249, 1951

20. GERMANS, W.

Laboratoriumsuntersuchungen über die Resistenz der Eier des menschlichen Spulwurmes Ascaris lumbricoides L.
Z. Parasitenk. 16, 93 - 110, 1954

21. GÜNTHÖR, J.

Die Einflüsse des Belebtschlammes in Abwasserreinigungsanlagen auf die Lebensfähigkeit von Askariden - und Leberegeleiern.
Vet. - med. Diss. München 1970

22. HAMM, A.

Wurmeier im Oxydationsgraben, eine biologische Abwasserreinigungsanlage ohne mechanische Vorklärung.
Z. Parasitenk. 25, 8 - 9, 1964

23. IMHOFF, K.

Taschenbuch der Stadtentwässerung.
21. Aufl., Verlag R. Oldenbourg, München - Wien, 1966

24. JONAS, D.

Das Auftreten und die Beurteilung von Schäden an Eiern von Ascaris suum nach Aufenthalt bei tiefen Temperaturen.
Z. Wasser- und Abwasser Forsch. 3, 141 - 145, 1970

25. KREUZ, A.

Hygienische Beurteilung der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung.
Gesundh. - Ing. 76, 206 - 211, 1955

26. LAPAGE, G.

Veterinary Parasitology
Oliver and Boyd, Edinburgh/London, 1956

27. LEHMANN, O.J.M.

Der Gehalt des Memminger Abwassers an Eiern von Zooparasiten und deren Verhalten während des Klärprozesses.
Vet.-med. Diss. München, 1954

28. LIDLE, H.

Kritische veterinärmedizinische Betrachtungen der landwirtschaftlichen Abwasserverwertung mit speziellen Untersuchungen über die Einwirkung verschiedener Drucke auf Wurmeier und Wurmlarven.
Vet. - med. Diss. München, 1954

29. LIEBMANN, H.

Zur Biologie der Methanbakterien.
Gesundh. - Ing. 71, 14 - 22, 1950

30. LIEBMANN, H.

Die Möglichkeiten der Verbreitung von Zooparasiten des Menschen und der Haustiere durch die landwirtschaftliche Abwasserverwertung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 1, 21 - 64, 1953/1

31. LIEBMANN, H.

Der heutige Stand der Abwasserbiologie.
Wasser und Boden 5, 229 - 236, 1953/2

32. LIEBMANN, H.

Zooparasiten im Abwasser.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 68, 97 - 98, 1955

33. LIEBMANN, H.

Neue Erfahrungen bei der Beseitigung und Reinigung von Schlachthofabwässern.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 8, 50 - 63, 1961

34. LIEBMANN, H.

Das Verhalten der Bandwürmer in Kleinkläranlagen mit besonderer Berücksichtigung des Problems der Rinderverfinnung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 10, 169 - 174, 1963

35. LIEBMANN, H.

Übertragung von Parasiten durch Wasser und Abwasser.
Z. Parasitenk. 25, S. 7, 1964/1

36. LIEBMANN, H.

Vergleichende Untersuchungen über den Gehalt des Abwassers an Wurmeiern von Großstädten Europas, Nordafrikas und Kleinasiens.
Z. Parasitenk. 25, S. 10, 1964/2

37. LIEBMANN, H.

Untersuchungen über Wurmeier in Rohabwässern und Kläranlagen Japans.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 78, 106 - 108, 1965

38. LIEBMANN, H.

Die Lebensfähigkeit der Wurmeier unter verschiedenen Bedingungen der Schlamm- und Müllbehandlung (mit besonderer Berücksichtigung der Bekämpfung der Cysticercose des Rindes).
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien, 13, 45 - 53, 1966/1

39. LIEBMANN, H.

Folgerungen für die Praxis aus den Ausführungen über die Verwertung und Beseitigung von häuslichen und industriellen Abwasserschlämmen.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien, 13, 327 - 333, 1966/2

40. LIEBMANN, H.

Begriffsbestimmungen beim Tropfkörper - und Belebungsverfahren.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
2. Aufl., Verlag R. Oldenbourg, München - Wien, 5, 9 - 13, 1968

41. LIEBMANN, H. u. BOCH, J.

Landwirtschaftliche Abwasserverwertung und Vermurmung der Haustiere.
Berl. Münch. tierärztl. Wschr. 69, 208 - 211, 1956

42. LIEBMANN, H. u. OFFHAUS, K.

Möglichkeiten zur Intensivierung der Schlammausfaulung.
Ber. Abwassertech. Vereinigung, Heft 12, 92 - 103, 1960

43. LOCHER S.

Die Widerstandsfähigkeit von Zooparasiten und - Larven gegen Gülle und Jauche.
Vet.-med. Diss. München 1954

44. MARTIN, P.

Wurmeier in biologischen Abwasseranlagen mit mechanischer Vorreinigung.
Z. Parasit. 25, 9 - 10, 1964

45. MC'LACHLAN, J.H.

Sewage sludge and disease - the role of the sludge digestion process.
J. Inst. Sewage Purif. 1, S. 75, 1949

46. MENSCHEL, E.

Beobachtungen über Einflüsse des Schlammes in beheizten und unbeheizten Faultürmen auf die Eier des Bandwurmes Taenia saginata.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München-Wien, 10, 175 - 179/1963

47. MENSCHEL, E.

Verhalten und Beeinflussung der Eier von Taenia saginata in der Kläranlage.
Z. Parasitenk. 25, S. 8, 1964

48. MENSCHEL, E.

Der Einfluß von Flockungsmitteln auf die Sinkgeschwindigkeit der Eier des Bandwurmes Taenia saginata.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 54 - 57, 1966

49. MUDRACK, K.

Die aerobe Schlammstabilisierung.
Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie
Verlag R. Oldenbourg, München - Wien 13, 290 - 314, 1966

50. MÜLLER, G.

Zur Frage der Widerstandsfähigkeit von Askarideneiern gegen Druck.
Gesundh. - Ing. 72, 281 - 282, 1951

51. MÜLLER, W.

Abwasserverrieselung in Australien.
Wasser und Boden 7, 12 - 14, 1955

51. MÜNNICH, H.

Beziehungen zwischen dem Fett- und Glykogengehalt von Ascaris-Larven und der Dauer ihrer Infektionsfähigkeit.
Z. Parasitenk. 25, 231 - 239, 1965

53. NEUHAUS, W. u. SIX, F.

Die Häufigkeit der Leberegel Fasciola hepatica L. und Dicrocoelium lanceolatum Rud. bei Rindern un die Fleischbeschau.
Z. Parasitenk. 25, 68 - 76, 1964

54. NEWTON, W.L., BENNET, H.J. and FIGGAT, W.B.

Observations on the effects of various sewage treatment processes upon eggs of Taenia saginata.
Am. J. Hyg., 49, 166 - 175, 1949

55. ORENSTEIN, H.J.

A contribution to the discussion on the hazard of ascaris infestation of sewage.
J. Inst. Sewage Purif. 1, S. 48, 1949

56. PLÖSSL, J.

Die Lebensfähigkeit von Askarideneiern unter verschiedenen Umweltsbedingungen.
Vet.-med. Diss. München, 1950

57. REINHOLD, F.

Untersuchungen zur Spulwurmplage in Darmstadt.
Gesundh. - Ing. 69, 85 - 86, 1948

58. REINHOLD, F.

Weitere Erfahrungen zur Spulwurmplage.
Ber. Abwassertech. Vereinigung, Heft 1, 147 - 155, 1950

59. RENNER, H.

Über die Möglichkeit der Verbreitung von Ascaris lumbricoides durch Abwasserverregnung und Düngung mit Abwasserschlamm.
Vet.-med. Diss. München, 1951

60. RUF, M.

Die Widerstandsfähigkeit der Eier und Larven von Geflügelnematoden unter natürlichen Umweltbedingungen sowie gegenüber der Einwirkung ultravioletter Strahlen.
Vet.-med. Diss. München, 1955

61. SAUER, J.

Der Einfluß radioaktiver Bestrahlung auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern.
Z. Wasser- und Abwasser-Forschung 2, 64 -65, 1969

62. SCHÄTZLE, M.

Untersuchungen über den Einfluß von Abwasserschlamm aus einem Oxydationsgraben auf die Lebensfähigkeit von Wurmeiern.
Z. Wasser- und Abwasser-Forschung 2, 147 - 150, 1969

63. SCHERB, K. u. FORSTNER, M.J.

Die derzeitigen Möglichkeiten der abwassertechnischen Behandlung von Flüssigmist aus Schweinegroßbeständen.
Dtsch. tierärztl. Wschr. 78, 201 - 204, 1971

64. SCHROEDER, H.

Zur Frage der Wurmeier im Abwasser Berlins.
Gesundh. - Ing. 70, 410 - 416, 1949

65. SCHRÖTTLE, H.

Über die Haltbarkeit von Wurmeiern und Wurmlarven im Dünger.
Vet. - med. Diss. München, 1955

66. SCHUBERT, R.

Maßnahmen zur Vermeidung von Askarideninfektionen.
Dtsch. med. Wschr. 72, S. 520, 1947

67. SCHULZ-FALKENHAIN, H.

Zur Reinigung und Verwertung von Abwässern in der Lanwirtschaft.
Gesundh. - Ing. 69, 10 - 12, 1948

68. SEISER, A.

Landwirtschaftliche Abwasserverwertung und Verwurmungsgefahr.
Gesundh. - Ing. 70, S. 270, 1949

69. SEIFERT, L.

Untersuchungen über das Verhalten von parasitären Eigebilden in konzentrierter Kochsalzlösung.
Wiss. Zschr. Humboldt - Univ. Berlin 4, 209 - 212, 1955

70. SPREHN, C. E. W.

Lehrbuch der Helminthologie.
Verlag Gebr. Borntraeger, Berlin, 1932

71. STRELL, M.

Wasser und Abwasser
Reinhaltung der Gewässer
R. Oldenbourg Verlag, München, 1955

An dieser Stelle möchte ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Dr. h.c. H. Liebmann, für die Überlassung dieses interessanten Themas herzlich danken.

Herrn Privatdozent Dr. M. J. Forstner und Herrn Oberregierungschemierat Dr. K. Scherb danke ich für den stets gewährten Rat zur Anfertigung dieser Arbeit.

L E B E N S L A U F

Am 26. Oktober 1941 wurde ich als Sohn des Gewerbe-Oberlehrers Karl Bechtold und seiner Ehefrau Ilse, geb. Schierwagen, in Seestadt Rostock geboren.

Meine Hochschulreife erlangte ich mit Bestehen des Abiturs am Englischen Institut in Heidelberg im März 1965.

Im Sommersemester desselben Jahres begann ich das Studium der Medizin an der Universität München. Im Sommersemester 1966 wechselte ich zur Tierärztlichen Fakultät. Das Physikum bestand ich im Frühjahr 1968. Mein Studium schloß ich mit Bestehen des Staatsexamens am 29. Januar 1971 ab.

Die Bestallung als Tierarzt wurde mir am 12. Mai 1971 erteilt.